

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

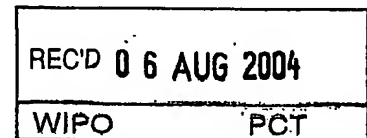
17 6. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 7月 9日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-272345
[ST. 10/C]: [JP2003-272345]



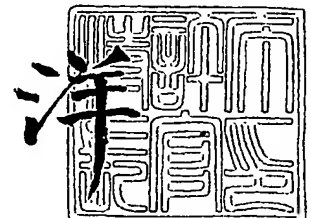
出 願 人
Applicant(s): オリンパス株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月23日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 03P01333
【提出日】 平成15年 7月 9日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F15D 1/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリnpas光学工業株式
 会社内
 【氏名】 研野 孝吉
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリnpas光学工業株式
 会社内
 【氏名】 村上 峰雪
【特許出願人】
 【識別番号】 000000376
 【氏名又は名称】 オリnpas光学工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097777
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 菰澤 弘
【選任した代理人】
 【識別番号】 100088041
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 阿部龍吉
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092495
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 蛭川昌信
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092509
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 白井博樹
【選任した代理人】
 【識別番号】 100095120
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内田亘彦
【選任した代理人】
 【識別番号】 100095980
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 菅井英雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100094787
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青木健二
【選任した代理人】
 【識別番号】 100091971
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 米澤 明



【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

面状の流路であって、2次元配列のセグメント各々に印加する電圧のオン・オフあるいは位相をセグメント毎に制御することにより流路面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路において、流路面上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間のセグメントを通して特定の液滴を選択的に搬送させて流路外に取り出したり並べ替える液体搬送処理方法において、前記複数の液滴各々は隣接する液滴との間に少なくとも3つのセグメントが介在するように相互に並列配置されることを特徴とする液体搬送処理方法。

【請求項 2】

液体の搬送を電氣的に制御する流路の面を照明する照明光源と、前記流路の面を撮像し、撮像された流路上の液滴の位置又はその移動をモニターする撮像装置とを備えていることを特徴とする液体搬送処理手段。

【書類名】明細書

【発明の名称】液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段に関し、特に、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送させたり、複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理、あるいは、液滴の位置や移動をモニターする処理を行う液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、液体に電圧を印加するとその接触角が変化することがエレクトロウエッティング現象として知られており、液滴の形状をコントロールして光学的特性を変化させる機構として利用されており、液滴の接触面積を電気的に変化させたり、液滴の表面形状を電気的に変化させることにより、形状のコントロールが行われる（特許文献1、特許文献2）。

【0003】

また、このエレクトロウエッティング現象を利用して、液滴を所定の方向に搬送（移動）させたり分割させることも提案されている（非特許文献1、非特許文献2）。

【0004】

さらに、誘電泳動として、液滴のような微小粒子が電場の高い方へ移動する現象も知られており、進行波回転電界を作ることにより、電界の進行方向へ液滴を搬送（移動）させることも提案されている（非特許文献3、非特許文献4）。

【特許文献1】特開平9-311643号公報

【特許文献2】特開2000-356708号公報

【非特許文献1】Sensors and Actuators A95(2002) pp.259-268

【非特許文献2】Journal of Microelectromechanical Systems, Vol.12, No.1(2003) pp.70-80

【非特許文献3】「新版静電気ハンドブック」（平成10年11月25日 第1版 静電気学会編、（株）オーム社発行）pp.850-853

【非特許文献4】計測と制御 第42巻 第1号（2003）pp.33-37

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は従来技術のこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送（移動）させたり、複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理、あるいは、液滴の位置や移動をモニターする処理を行う液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成する本発明の液体搬送処理方法は、面状の流路であって、2次元配列のセグメント各々に印加する電圧のオン・オフあるいは位相をセグメント毎に制御することにより流路面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路において、流路面上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間のセグメントを通して特定の液滴を選択的に搬送させて流路外に取り出したり並べ替える液体搬送処理方法において、前記複数の液滴各々は隣接する液滴との間に少なくとも3つのセグメントが介在するように相互に並列配置されることを特徴とする方法である。

【0007】

本発明の液体搬送処理手段は、液体の搬送を電気的に制御する流路の面を照明する照明光源と、前記流路の面を撮像し、撮像された流路上の液滴の位置又はその移動をモニターする撮像装置とを備えていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0008】

本発明の液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段によると、面状の流路上で複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理が確実に行うことが可能になり、また、流路上を搬送処理される液滴の位置や移動を確実にモニターすることができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下に、図面を参照にして本発明の液体搬送処理手段の実施例を説明する。

【0010】

まず、液体搬送手段の基本形を説明する。

【0011】

図1は、エレクトロウエッティング現象を利用する第1形態の液体搬送手段の原理を説明するための図である。この液体搬送手段では、図1(a)に示すように、基板7と基板8とを平行に対向配置している。その際、基板7と基板8の間には、所定の間隔で隙間9が形成されている。一方の基板7の内面、すなわち基板8側の面には、第2の電極が設けられている。この第2の電極は、共通電極（共通電極膜）2である。この共通電極2には、例えば金のような、化学反応に対して安定で撥水性の材料が用いられる。他方の基板8の内面、すなわち基板7側の面には、第1の電極が設けられている。この第1の電極は、多数の分割電極3₁～3₆の集合からなる分割電極群3である。分割電極3₁～3₆は、相互に並列配置されている。また、分割電極群3の表面は、アモルファスフッ素樹脂（例：商品名サイトップ（旭ガラス（株）））膜、SiO₂膜のような絶縁膜4で覆われている。よって、所定の間隔とは、正確には、共通電極2から絶縁膜4までの距離ということになる。

【0012】

前述のように、基板7と基板8の間には、所定の間隔を持つ隙間9が形成されている。この隙間9の間隔は、例えば1 μ l（マイクロリットル）程度の液滴1が共通電極膜2と絶縁膜4とに接して孤立する程度になっている。ここで、液滴1としては、電解質溶液でも絶縁性の液体でもよい。図1では、液滴1と絶縁膜4が比較的濡れ性良く入っているように描かれている。しかしながら、絶縁膜4の表面エネルギーが低い場合には、液滴1はより球形に近い形で間隔9内に孤立して入る。

【0013】

共通電極2と分割電極群3の分割電極3₁～3₆との間には、電源5が設けられている。電源5は直流電源でも交流電源でもよい。そして、分割電極群3側には、スイッチ群6が接続されている。スイッチ群6のそれぞれスイッチ6₁～6₆は、分割電極群3の分割電極3₁～3₆と一対一に対応するように接続されている。よって、スイッチ群6の中、例えばスイッチ6₃が接続されると、対応する分割電極3₃に直流電源5の電圧が印加されるようになっている。また、スイッチ群6のそれぞれのスイッチ6₁～6₆は、制御装置10に接続されている。よって、制御装置10により、個々のスイッチの開閉動作が制御できるようになっている。

【0014】

このような配置で、制御装置10により、スイッチ群6の全てのスイッチ6₁～6₆を開放した状態にする。この状態が、図1(a)である。この状態では、隙間9、すなわち共通電極2と絶縁膜4の間に位置する液滴1には、何ら力が加わらない。よって、液滴1は、そのままの位置を保つ。次に、このような状態から、図1(b)に示すように、スイッチ6₃、6₄、6₅を制御装置10により同時に閉じる。

【0015】

ここで、スイッチ6₃は分割電極3₃に接続され、スイッチ6₄は分割電極3₄に接続され、スイッチ6₅は分割電極3₅に接続されている。また、分割電極3₃、3₄は液滴1の最初の位置（点線）の右側部分に対応して位置し、分割電極3₅は分割電極3₃、3

4 より右側に位置している。よって、スイッチ 6₃、6₄、6₅ が閉じると、電源 5 の一方の電極からは、例えばプラスの電圧が共通電極膜 2 にかかる。そして、そのプラス電圧は、液滴 1 が電解質の場合は、液滴 1 を通して絶縁膜 4 に接する面にプラスイオンを集める。液滴 1 が絶縁性の場合は、分極を発生させ絶縁膜 4 に接する面にプラス電荷を集める。一方、直流電源 5 の他方の電極からは、この場合にマイナスの電荷が、スイッチ 6₃、6₄、6₅ を通して分割電極 3₃、3₄、3₅ に流れ込み、絶縁膜 4 に接する側に集まる。このとき、液滴 1 の絶縁膜 4 に集まったプラスの電荷の中心と、分割電極 3₃、3₄、3₅ の絶縁膜 4 に接する側に集まったマイナスの電荷の中心とは、プラス側が相対的に図の左に位置し、マイナス側が相対的に図の右に位置する。よって、両者の間にずれが生じ、液滴 1 には電氣的引力が作用し、液滴 1 は点線の位置から実線の位置へ矢印方向へ移動することになる。

【0016】

次に、分割電極 3₃ のスイッチ 6₃ を切り、その代わりに、液滴 1 位置（破線）の右側の分割電極 3₆ のスイッチ 6₆ を閉じる。この状態が図 1（c）である。分割電極 3₃ は、図 1（b）の状態での液滴 1 の位置（破線）の左側部分に位置にある電極である。一方、分割電極 3₆ は、液滴 1 の位置（破線）の右側部分に位置にある電極である。よって、図 1（b）で液滴 1 が移動したのと同様の理由で、液滴 1 は破線の位置から実線の位置へ矢印方向にさらに移動することになる。

【0017】

このように、本発明の液体搬送手段（液体移動装置）は、共通電極 2 と、複数の分割電極 3₁～3₆ と、この複数の分割電極 3₁～3₆ の表面（共通電極 2 側）に設けられた絶縁膜 4 と、分割電極 3₁～3₆ に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御装置 10 を備えている。そして、共通電極 2 と絶縁膜 4 の隙間は、液滴 1 が両側で接触するような間隔となっている。そして、制御装置 10 により液滴 1 を絶縁膜 4 に沿って移動させるように、複数の並列配置された分割電極 3₁～3₆ に印加する印加電圧を順次個別に ON・OFF するように制御することで、液滴 1 の液体を所定方向に移動させることができる。

【0018】

以上の説明では、電源 5 として直流電源を用いたように説明しているが、交流電源を用いた場合でも同様の説明になり、液滴 1 はスイッチ群 6 のスイッチ 6₁～6₆ が順に閉じられる方向に移動する。

【0019】

ところで、図 1 の第 1 形態の液体搬送手段において、液滴 1 が移動するのは、電圧を左右で非対称に印加すると、エレクトロウエッティング現象により液滴 1 の左右の裾での絶縁膜 4 に対する接触角がアンバランスになるためであるので、電圧を印加しない状態では絶縁膜 4 の表面は可能な限り撥水性が高いことが望ましい。そこで、図 2 に要部を示すように、絶縁膜 4 の表面にアモルファスフッ素樹脂（例：商品名サイトップ（旭ガラス（株）））等からなる撥水層 11 を設けておくと、液滴 1 の移動がよりスムーズになる。

【0020】

図 3（a）は、エレクトロウエッティング現象を利用する第 2 形態の液体搬送手段の構成を示す図であり、図 1（a）に対応する。この場合には、図 1 の場合と比較して、共通電極（共通電極膜）2 の表面もアモルファスフッ素樹脂膜、SiO₂ 膜のような絶縁膜 4' で覆っている点で異なるのみで、液滴 1 が搬送される原理も、図 1 の場合に液滴 1 が絶縁性の液体である場合と同じに説明でき、図 1 の場合と同様に、制御装置 10 によってスイッチ群 6 のスイッチ 6₁～6₆ を個別に制御して、順次 ON・OFF するように制御することで、分割電極 3₁～3₆ に印加する印加電圧を電極毎に個別に順次 ON・OFF することで、液滴 1 の液体を所定方向に移動させることができる。

【0021】

この第 2 形態の液体搬送手段においても、電圧を印加しない状態では絶縁膜 4 と 4' の表面は可能な限り撥水性が高いことが望ましい。そこで、図 3（b）に要部を示すように

、絶縁膜 4、4' の表面にそれぞれアモルファスフッ素樹脂等からなる撥水層 11、11' を設けておくことが、液滴 1 の移動をよりスムーズにする上で好ましい。

【0022】

図 4 は、第 2 形態の変形例の液体搬送手段の構成を示す図であり、図 3 (a) に対応する。この場合は、基板 7 に、共通電極 (共通電極膜) 2 の代わりに、分割電極群 3 と同様に多数の分割電極 3' ₁ ~ 3' ₆ の集合からなる分割電極群 3' を配置し、その表面を絶縁膜 4' で覆い、そして、必要に応じて両側の絶縁膜 4、4' の表面に撥水層 11、11' を設ける。そして、この分割電極群 3' にも、分割電極群 3 と同様にスイッチ群 6' が接続されており、スイッチ群 6' のそれぞれスイッチ 6' ₁ ~ 6' ₆ は、分割電極群 3' の分割電極 3' ₁ ~ 3' ₆ と一対一に対応するように接続されている。そして、スイッチ群 6' のそれぞれのスイッチ 6' ₁ ~ 6' ₆ は、別の制御装置 10' に接続されており、制御装置 10' により、スイッチ群 6' の個々のスイッチ 6' ₁ ~ 6' ₆ の開閉動作が制御できるようになっている。

【0023】

この場合に、制御装置 10 と制御装置 10' とが連携して上下対応する位置のスイッチ 6' ₁ ~ 6' ₆ を個別に制御して順次 ON・OFF して、分割電極 3₁ ~ 3₆、3' ₁ ~ 3' ₆ 間に印加する印加電圧を対応する位置の電極毎に個別に順次 ON・OFF することで、液滴 1 の液体を所定方向に移動させることができる。

【0024】

この場合には、液滴 1 の上下両方でエレクトロウエッティング現象により絶縁膜 4 に対する液滴 1 の裾の接触角がアンバランスになるため、液滴 1 はより移動しやすくなる。

【0025】

なお、図 4 の場合は、図の面内で左右に移動することを想定しているが、例えば分割電極 3₁ ~ 3₆、3' ₁ ~ 3' ₆ を長尺で平行な電極とし、下側の分割電極 3₁ ~ 3₆ の長手方向と上側の分割電極 3' ₁ ~ 3' ₆ の長手方向とを直角に設定して、液晶表示装置で用いる単純マトリックス駆動の電極構造を採用することにより、XY 2 次元方向に液滴 1 を移動できるようになる (後記の実施例参照)。

【0026】

図 5 は、誘電泳動現象を利用して進行波回転電界により液滴を搬送する第 3 形態の液体搬送手段の原理を説明するための図である。この液体搬送手段では、図 5 に示すように、基板 8 の面に多数の分割電極 3₁ ~ 3₆ の集合からなる分割電極群 3 を設け、その分割電極群 3 の表面を絶縁膜 4 で覆い、必要に応じてその絶縁膜 4 の表面に撥水層 11 を設ける。その撥水層 11 上に液滴 1 を滴下する。

【0027】

一方、電源として 3 相交流電源 15 を用意し、その 3 相交流電源 15 からの 3 本の電線 17₁ ~ 17₃ はスイッチ機能を兼ねる位相制御回路 (スイッチ・位相制御回路) 16 を経て、分割電極群 3 の分割電極 3₁ ~ 3₆ に接続されているが、3 個毎の分割電極 3₁ と 3₄、3₂ と 3₅、3₃ と 3₆ はそれぞれ同じ電線 17₁ ~ 17₃ に接続されており、図の場合、例えば、電線 17₁ に印加される交流電圧の位相は、スイッチ・位相制御回路 16 により位相が 120° 進んだ状態あるいは遅れた状態に制御され、電線 17₂ に印加される交流電圧の位相は進みも遅れもなく保たれ、電線 17₁ に印加される交流電圧の位相は 120° 遅れた状態あるいは進んだ状態に制御される。

【0028】

このような状態で、スイッチ・位相制御回路 16 により位相を制御して、電線 17₂ (分割電極 3₂、3₅) に印加する交流電圧に対して、電線 17₁ (分割電極 3₁、3₄) に位相が 120° 進んだ交流電圧を、電線 17₃ (分割電極 3₃、3₆) に位相が 120° 遅れた交流電圧をそれぞれ印加すると、撥水層 11 の表面側には、実線矢印で示す進行波回転電界が生じ、誘電泳動現象により液滴 1 には実線矢印方向の力が加わって図の右方向に移動する。それとは逆に、電線 17₂ (分割電極 3₂、3₅) に印加する交流電圧に対して、電線 17₁ (分割電極 3₁、3₄) に位相が 120° 遅れた交流電圧を、電線 1

7₃ (分割電極 3₃、3₆) に位相が 120° 進んだ交流電圧をそれぞれ印加すると、撥水層 11 の表面側には、点線矢印で示す進行波回転電界が生じ、誘電泳動現象により液滴 1 には点線矢印方向の力が加わって図の左方向に移動する。

【0029】

次に、以上のような第 1～第 3 形態の液体搬送手段の何れかを採用した場合の流路の形状の例について説明する。図 6 は、流路の断面形状を V 溝形状にした例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。この構成では、基板 8 に液滴 1 をガイドする V 溝 20 が設けられ、その V 溝 20 の底面に分割電極群 3 とそれを覆う絶縁膜 4 とが設けられている。そして、第 1～第 2 形態の場合は、V 溝 20 が形成された基板 8 上に基板 7 を重ね合わせて一体化されるが、基板 8 と基板 7 の間の V 溝 20 の上には、共通電極 2 あるいは分割電極群 3' (第 2 形態の変形例) が配置される。第 2 形態の場合には、共通電極 2 又は分割電極群 3' の液滴 1 に接する表面は絶縁膜 4' で覆われる。なお、第 3 形態の場合は、基板 7 と共通電極 2 あるいは分割電極群 3' は省かれる。

【0030】

図 7 は、流路の断面形状を矩形溝形状にした例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。この例は、図 6 の V 溝 20 の代わりに矩形溝 21 を設けた点のみで異なり、その他は同じであるので、これ以上の説明は省く。

【0031】

図 8 は、第 1 形態の流路の例であり、流路の断面形状を矩形溝形状にし、かつ、共通電極を線状のものにした例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。この例においては、基板 8 に液滴 1 をガイドする矩形溝 21 が設けられ、その矩形溝 21 の底面に分割電極群 3 とそれを覆う絶縁膜 4 とが設けられている。図では、この分割電極群 3 に接続される配線を符号 22 で示してある。矩形溝 21 の上あるいは中にその溝 21 に沿って共通電極を構成する線状電極 2' が配置されており、矩形溝 21 の上は開放されてなるものである。なお、線状電極 2' を省いて第 3 形態の流路とすることもできる。

【0032】

図 9 も、第 1 形態の流路の例であり、流路を平面状にし、かつ、共通電極を線状のものにした例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。この例においては、基板 8 には最早液滴 1 をガイドする溝等を設けずに平面とし、ガイド部分に分割電極群 3 とそれを覆う絶縁膜 4 とを設ける。分割電極群 3 の各電極には接続配線 22 が接続されている。その分割電極群 3 の上にそれに沿って共通電極を構成する線状電極 2' が配置されており、流路は上に開放されているものである。なお、この場合も線状電極 2' を省いて第 3 形態の流路とすることもできる。

【0033】

次に、以上のような流路に沿って設ける分割電極群 3 と共通電極の線状電極 2' の具体的な形の例をいくつか説明する。

【0034】

図 10 は、図 9 の流路に設ける分割電極群 3 と線状電極 2' の配置を示す平面図 (a) と断面図 (b) である。分割電極群 3 は、流路の方向へ間隔をおいて基板 8 上に配置された多数の矩形状の分割電極 3₁～3₈ からなり、絶縁膜 4 がその分割電極群 3 を覆っている。分割電極群 3 の上にそれに沿って共通電極を構成する線状電極 2' が配置されている。

【0035】

図 11 は、図 10 の配置において、分割電極群 3 を流路に沿って左右に 2 分し、2 分された分割電極 3₁～3₈ それぞれを基板 8 内に埋め込んだ接続線 23 で接続し、一方、線状電極 2' をこの 2 分された分割電極 3₁～3₈ 間であって絶縁膜 4 の下に配置して構成したものであり、第 2 形態の液体搬送手段を平面型に構成している。ただし、2 分された分割電極 3₁～3₈ 間に配置した線状電極 2' 上を絶縁膜 4 で覆わないようにしてもよく、この場合は、平面型の第 1 形態の液体搬送手段となる。この図 11 の形態は平面型であるので、その平面を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段を構成できる。

【0036】




図12は、図10の配置において、分割電極群3の分割電極3₁～3₈それぞれを中心で折って流路を形成するV溝20の底に沿うように配置した例であり、図8の矩形溝21の代わりにV溝20としたものに相当する。この構成の場合、分割電極群3の液滴1に隣接する面積が大きくなるので、搬送にかかる引力がより強くなる。

【0037】

図13は、分割電極群3の形状の変形例を示す平面図である。図13の(a)、(b)はそれぞれ図10、図11に対応する流路の分割電極群3と共通電極の線状電極2'の配置を示す平面図であり、何れも液滴1を矢印方向に移動させるのに適した分割電極3₁～3₈の形状を示す。これらの分割電極群3は、矢印方向、すなわち図の左から右へ、液滴1を移動させるのに適している。図13(a)、(b)の分割電極3₁～3₈は、何れも平面図で“>”の形状をしている。そのため、球形の液滴1が左から右へ移動するときには、“>”形の分割電極3₁～3₈の何れかと最初に接するのは、点P₁とP₂の2点となり、逆に、図の右から左へ移動するときには、“>”形の分割電極3₁～3₈の何れかと最初に接するのは、その中心先端の1点となり、1点で右から左へ引っ張るするよりは、2点で矢印方向の左から右へ引っ張る力が強くなる。このような構成により、液滴1の矢印方向への搬送をよりスムーズに行うことができる。

【0038】

次に、図14に、図11の平面型の形態を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段とした例の透視斜視図を示す。この例の場合は、中空の円筒体(パイプ)24の内面に、分割電極群3を構成する分割電極3₁～3₇が設けられている。各分割電極3₁～3₇は、円筒体24の軸方向に分割されている。そして、内周方向に弧状に延びる形状となっている。弧状の分割電極3₁～3₇の端部間には、配線のための領域25が設けられている。この領域25には、共通電極の線状電極2'と、各分割電極3₁～3₇への接続配線22が設けられている。そして、円筒体24の内面上(領域25)を通る配線22を介して、各分割電極3₁～3₇が、スイッチ群6のそれぞれスイッチ6₁～6₇に接続されている。そして、図示を省いてあるが、円筒体24の内面全面であって、これら分割電極3₁～3₇とそれらを結ぶ配線22と線状電極2'とが絶縁膜4で覆われている。共通電極の線状電極2'は電源5の一方の極に接続されている。同様に、分割電極群3は、接続配線22及びスイッチ群6を介して、電源5の他方の極に接続されている。そして、スイッチ群6のそれぞれのスイッチ6₁～6₇は、制御装置10により、個々に開閉動作が制御されるようになっている。

【0039】

図14の構成においては、制御装置10によりスイッチ6₁～6₇の開閉を順に制御することにより、分割電極群3に印加する印加電圧を制御(ON・OFF)することができる。例えば、上の分割電極から下の分割電極へ、順に電圧の印加状態を変化させる。このようにすると、円筒体24の孔内に入れられた液滴1を、下方へ移動させるようにすることができる。

【0040】

なお、図14の配置においても、図11の場合と同様に、領域25中の線状電極2'のみを絶縁膜4で覆わないようにしてもよい。

【0041】

次に、図1の場合と同様に、上下の基板7と基板8の間に流路を形成する場合に、基板7、8の面に沿って2次元の任意の方向に液滴1を自由に移動させるための分割電極群3、3'の例を説明する。

【0042】

図15は、図4の第2形態の変形例を2次元搬送形にした場合の分解斜視図であり、分割電極群3、3'の表面に配置する絶縁膜4、4'を省いて図示してある。基板8側に配置する分割電極群3の各分割電極3₁～3₆を基板8の表面のX方向に伸びる長尺で相互に平行な電極とし、基板7側に配置する分割電極群3'の分割電極3'₁～3'₆を基板7の表面のY方向に伸びる長尺で相互に平行な電極として構成配置し、液晶表示装置で用

いる単純マトリックス駆動の電極構造とする。このような分割電極群 3、3' の構成により、分割電極群 3 中の選択して電圧印加した分割電極と、分割電極群 3' 中の選択して電圧印加した分割電極との交差点位置に電場が加わり、その選択した交差点の順に沿って基板 7 と基板 8 の間の流路中を液滴 1 が移動する。

【0043】

図 16 は、図 1 の第 1 形態、図 3 の第 2 形態を 2 次元搬送形にした場合の分解斜視図であり、少なくとも分割電極群 3 の表面に配置する絶縁膜 4 を省いて図示してある。この場合は、基板 7 の内面全面には共通電極 2 が配置され、基板 8 側に配置する分割電極群 3 は X 方向、Y 方向に 2 次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極 3₁₁、3₁₂、・・・・3₁₆、3₂₁、・・・・3₆₁、・・・・3₆₆ の集合からなる。このような分割電極群 3 と共通電極 2 の構成により、分割電極群 3 中の選択して電圧印加した分割電極の順に沿って基板 7 と基板 8 の間の流路中を液滴 1 が移動する。

【0044】

図 17 に、図 16 の構成において、基板 8 上に 2 次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極群 3 の個々の分割電極 3₁₁～3₆₆ へ配線を接続する構成を示す透視斜視図 (a) とその (a) 図の直線 A-A' に沿った断面図 (b) とを示す。基板 8 上には、分割電極 3₁₁～3₆₆ 各々に接続される配線 22 がパターンニングされ、その上に絶縁膜 26 を配置し、その絶縁膜 26 を通して分割電極 3₁₁～3₆₆ 個々に別々の対応する配線 22 が接続されており、配線 22 はまとめて基板 8 の端部から外へ引き出される。絶縁膜 26 の上には分割電極 3₁₁～3₆₆ が基盤の目状に相互に分離されるようにパターンニングされ、その分割電極群 3 の表面に絶縁膜 4 が設けられる。

【0045】

図 18 は、図 1 の第 1 形態を 2 次元搬送形であって共通電極の線状電極 2' を分割電極群 3 と同じ基板 8 の表面上に配置して、流路を平面状で上に開放された構成とした場合の分解斜視図 (a) とその (a) 図の直線 A-A' に沿った断面図 (b) である。この液体搬送手段においては、図 17 の場合と同様、基板 8 上には、まず、分割電極 3₁₁～3₆₆ 各々に接続される配線 22 が 1 層としてパターンニングされ、その上に絶縁膜 26 を配置し、その絶縁膜 26 を通して分割電極 3₁₁～3₆₆ 個々に別々の対応する配線 22 が接続されており、配線 22 はまとめて基板 8 の端部から外へ引き出される。絶縁膜 26 の上には、X 方向、Y 方向に 2 次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極 3₁₁、3₁₂、・・・・3₁₆、3₂₁、・・・・3₆₁、・・・・3₆₆ の集合からなる分割電極群 3 がパターンニングされて設けられ、その分割電極群 3 の表面は絶縁膜 4 で覆われている。そして、絶縁膜 4 の上の Y 方向に伸びる分割電極 3₁₁ と 3₂₁、3₁₂ と 3₂₂、・・・・3₁₆ と 3₂₆ の間の分割電極間のブランク部上に共通電極の線状電極 2' が固定配置されて構成されている。このように、配線 22 と分割電極群 3 と共通電極の線状電極 2' とが 3 層構成となっている。この例は、液滴 1 の下面のみで共通電極 2' と分割電極 3₁₁、3₁₂、・・・・3₁₆、3₂₁、・・・・3₆₁、・・・・3₆₆ との対向配置が行われており、液滴 1 の上面は何らの部材にも接触していないで開放型になっている例の 1 つである。

【0046】

図 19 は、図 18 と同様の流路が平面状で上に開放された第 1 形態の 2 次元搬送形の例の平面図であるが、この例では、分割電極群 3 の分割電極 3₁₁～3_{1m}、3₂₁～3_{2m}、・・・・3_{n1}～3_{nm} 個々が矩形でなく三角形で構成され、図示のように、2 次元分割されて 2 次元平面を埋めるように配置されている。その分割電極群 3 上の全面を、図示しない絶縁膜 4 で覆っている。さらに、その上に、共通に接続された平行な線状あるいは櫛歯状の共通電極 2' が絶縁膜 4 に露出して設けられている。このような基板上に、液滴 1 を置いて、分割電極 3₁₁～3_{1m}、3₂₁～3_{2m}、・・・・3_{n1}～3_{nm} に印加する電圧を順に連続的に変更 (ON・OFF) することにより、液滴 1 を 2 次元の任意の方向へ移動させることができる。

【0047】

なお、図 18、図 19 の場合も、図 11 の場合と同様に、露出して設けられている共通

電極 2' の上を絶縁膜で覆うようにして第 2 形態の液体搬送手段として構成することもできる。

【0048】

さて、以上のような流路が線状あるいは面状の液体搬送手段を用いて液体に各種の処理（制御）を行う実施例について説明する。なお、特にことわらない限り、図 1～図 19 の何れの形態の液体搬送手段も適用可能であることが分かる。

【0049】

最初に、液体処理（制御）として混合と攪拌の例について説明する。

【0050】

図 20 の例は、線状流路を途中で合流させて 2 液を混合させる場合の模式図であり、この場合は 2 本の流路 31a、31b を途中の並行領域（合流領域）32 を経て 1 本の流路 31c に合流させており、それぞれの流路 31a、31b の分割電極 3a1～3a7、分割電極 3b1～3b7 へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、それら流路 31a、31b に沿って矢印方向へ搬送される液滴 1a、1b を並行領域 32 で並走させて接触させ、合流した流路 31c では分割電極 3c1～3c4 へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、液滴 1a と液滴 1b が合わさって混合された液滴 1c がその流路 31c に沿って矢印方向へ搬送される。

【0051】

図 21 は、このような混合のための液体搬送処理手段を、図 6 の流路が V 溝で形成された密閉型の液体搬送手段で構成した場合の 1 例を示す模式的な透視斜視図である。詳細は図示しなくても、その構成作用は以上の説明から明らかであろう。

【0052】

図 22 は、図 20 の変形例を示す模式図であり、この場合は一方の液体を搬送する流路を 2 本の流路 31a1、31a2 にし、その 2 本の流路 31a1、31a2 が他方の液体を搬送する流路 31b を両側から挟んで 1 本の流路 31c に合流するようにしている。すなわち、3 本の流路 31a1、31b、31a2 を途中の並行領域 32 を経て 1 本の流路 31c に合流させており、両側の流路 31a1、31a2 に沿って矢印方向へ同じ液体からなる液滴 1a1、1a2 を搬送させ、真中の流路 31b に沿って矢印方向へ別の液体からなる液滴 1b を搬送させ、並行領域 32 で液滴 1b に両側から液滴 1a1 と液滴 1a2 が接触するようにして接触面積を広げ、合流した流路 31c に沿って矢印方向へ両液体がサンドウィッチ状になって混合がより進む液滴 1c を搬送させている。この例では、両液体の接触面積を広げて 2 液混合をより促進させるようにしている。

【0053】

図 23 は、図 22 の方式の液体混合を図 16、図 18 等の密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的斜視図であり、平面状の流路 33 の 1 点に 1 つの液体の液滴 1b を滴下し、その両側に離して別々に同じ液体からなる 2 つの液滴 1a1、1a2 を滴下し、これら 3 の液滴 1a1、1b、1a2 を平面状の流路 33 の別の 1 点に向かって集まるように移動させて接触させて混合し、混合した液滴 1c を別の方向へ搬送させる。

【0054】

図 24 は、図 14 のような構成の円筒状の流路 34 を利用して 2 つの液滴 1a、1b を 1 つの液滴 1c に混合させる構成と作用を示す模式図である。円筒状の流路 34 は両端以外からは空気の入りができないので、流路 34 を形成するパイプ 24 の中間に空気の入りを許す通気孔 27 を設けておく。そして、図 24 (a) に示すように、分割電極 31～37 へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、流路 34 の両端側から相互に対向するように向かう矢印方向に液滴 1a と液滴 1b を搬送させ、図 24 (b) に示すように、通気孔 27 の位置で液滴 1a と液滴 1b を接触（衝突）させる。このとき、液滴 1a と液滴 1b の間の余分な空気は通気孔 27 から自動的に排出される。液滴 1a と液滴 1b とはその接触後、図 24 (c) に示すように、一体の液滴 1c になり、その後、図 24 (d) に示すように、所定方向に搬送される。

【0055】

図25は、図22の場合のように、1つの液体の1つの液滴1bに両側から別の液体の2つの液滴1a₁と液滴1a₂を接触させて混合させる場合の流路全体を模式的に示す図であり、基板8上には、1つの液体の液滴1bを外部から滴下して溜める液溜め（液体供給部）35bと、別の液体の液滴1aを外部から滴下して溜める液溜め（液体供給部）35aとが配置されており、液溜め35bからは1本の流路31bが合流領域32まで延びており、液溜め35aからは2本の略同じ長さの流路31a₁、31a₂が液溜め35bと流路31bを両側から挟むように合流領域32まで延びており、合流領域32からは混合された液滴1cを搬送排出する1本の流路31cが流路31a₁、31a₂、31bから離れるように出ている。

【0056】

ここで、両側から接触される液滴1bの液体を溜める液溜め35bとその流路31bとを両側から挟んで囲むように、両側から接触する液滴1a₁、1a₂の液体を溜める液溜め35aとそのための流路31a₁、31a₂を配置する理由は、平面上で液滴を搬送するとき、立体交差ができないためである。また、液溜め35aから合流領域32に至る2本の流路31a₁、31a₂を略同じ長さに構成すると、同じ速度で液溜め35aから液滴1a₁、1a₂を送り出すと、合流領域32に同時に達するため、両側からの接触タイミングが合わせやすくなる。

【0057】

次に、攪拌の例について説明する。攪拌を必要とするのは、上記のように2種類以上の液体を混合した後が多いが、必ずしも液体の混合の後とは限らない。

【0058】

図26(a)は、流路31dと流路31eの間に攪拌部36を設けた1例の分割電極パターンを示している。流路31d、31eの分割電極群は、それぞれ流路の方向へ間隔をおいて配置された多数の矩形状の分割電極3d₁～3d₇、3e₁～3e₇からなるが、その間の攪拌部36においては、その中に入った液滴1が図中の矢印方向に回転可能にするために、例えば図示のように、円周方向に4分割してそれぞれの分割領域内で平行で領域間で直交する方向に向いている分割電極3f₁～3f₆、3f₇～3f₁₂、3f₁₃～3f₁₈、3f₁₉～3f₂₄を配置する。このような分割電極の配置により、分割電極3f₁～3f₂₄へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御することにより、図26(a)中の矢印方向へ液滴1を回転させてその液滴1に引き伸ばしや収縮の変形を与えて攪拌することができ、例えば2液混合を促進させることができる。また、図26(b)に矢印を示したように、回転方向を順次切り換えて往復回転を可能にする制御を行うことにより、より混合を促進させることができる。なお、この変形例として、攪拌部36の中心から放射方向に伸びる扇状の多数の分割電極を配置するようにしても、液滴1を攪拌部36内で回転処理することができる。

【0059】

図27は、流路31dと流路31eの間に攪拌部36を設けた別の分割電極パターンを示している。流路31d、31eの分割電極群は、それぞれ流路の方向へ間隔をおいて配置された多数の矩形状の分割電極3d₁～3d₆、3e₁～3e₆からなるが、その間の攪拌部36においては、その中に入った液滴1が図中の交差する両矢符方向へ交互に引き伸ばされるように、例えば図示のように、円周方向に4分割してそれぞれの分割領域内で平行で領域間で直交する方向に向いている（図26(a)の場合とは各領域で分割電極の向きが90°異なる。）分割電極3f₁～3f₄、3g₁～3g₄、3h₁～3h₆、3i₁～3i₆を配置する。このような分割電極の配置により、最初は分割電極3f₁～3f₄と分割電極3g₁～3g₄に電圧を印加して、1個の液滴1を2分割して液滴1fと1gになるように引き伸ばし（必ずしも2分割する必要はなく、ラクビーボール状に引き伸ばすだけでもよい。）、次に、電圧を切るなりあるいは分割された液滴1fと1gを相互に押し付けるようにして元の1個の液滴1に戻し、次いで、分割電極3h₁～3h₆と分割電極3i₁～3i₆に電圧を印加して、それと直交する方向に2分割して液滴1hと1iになるように伸ばす（この場合も、必ずしも2分割する必要はなく、ラクビーボール状に引き伸ばすだけでもよい。）。このよう

にして、液滴 1 の引き伸ばしと収縮あるいは分割混合を繰り返すことにより、攪拌を行う。

【0060】

図 28 は、液滴 1 を 1 本の流路 31 中を往復動させて液滴 1 を流路 31 中で転がすることにより攪拌を促進させる単純な例である。なお、この図では分割電極を指す符号は省く。

【0061】

図 29 は、流路 31 d と流路 31 e の間にそれらの流路の幅より広い幅広流路 31 f を設け、かつ、幅広流路 31 f から流路 31 d へ移る部分、及び、幅広流路 31 f から流路 31 e へ移る部分に、幅の狭い流路 31 d、31 e から広い流路 31 f に移動するときには邪魔をしないが、広い流路 31 f から狭い流路 31 d、31 e へ移動するときには邪魔をして液滴 1 中に食い込んで乱流を起こす逆止突起 37 を設けて、流路 31 d と流路 31 e の間を両矢符方向へ往復移動を繰り返させ、液滴 1 中に乱流を起こして攪拌を速める構成を示す模式図である。

【0062】

図 30 は、流路 31 d と流路 31 e の間にそれらの流路の幅より広い幅広流路 31 f を設け、かつ、幅広流路 31 f から流路 31 d へ移る部分、及び、幅広流路 31 f から流路 31 e へ移る部分には、この例の場合、引っ掛かるような部分でなく滑らかに移行行く傾斜部 38 を設けて、流路 31 d と流路 31 e の間を両矢符方向へ往復移動を繰り返させ、液滴 1 に伸縮を与えることにより攪拌させる構成を示す模式図である。

【0063】

なお、図 29、図 30 の例では、流路 31 d、31 e、31 f は開放型であっても密閉型であってもよいが、液滴を流路を形成する溝中を搬送するのではなく、平面状の流路中を搬送する場合に、上記のような幅関係の流路 31 d、31 e、31 f を電極パターンのみで構成するようにしても、電極パターン外が撥水性となっていれば、上記の説明のように作用することになる。

【0064】

次に、図 31 は、基板 8 中に溝を設けて流路 31 を形成した場合に、その途中の流路にジグザグを入れる突起群 39 を配置して、その突起間を流れる液滴 1 に引き伸ばしと収縮の変形を与えて攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

【0065】

図 32 は、基板 8 中に溝を設けて流路 31 を形成した場合に、その途中の流路に流路を一旦狭める門部 40 を配置して、その門部 40 を通って流れる液滴 1 に圧縮（収縮）と膨張（引き伸ばし）を与えて攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

【0066】

図 33 (a)、(b) はそれぞれ密閉された線状流路 31、開放された平面状の流路 33 の液滴 1 進行方向に親水領域 41 と撥水（疎水）領域 42 とを交互に設け、その方向に液滴 1 を移動させるか往復動させることにより、液滴 1 に引き伸ばしと収縮の変形を与えて攪拌を促進する場合を示す模式図である。何れの場合も、親水領域 41 と撥水領域 42 の繰り返し数は 1 以上であればよい。なお、図 33 (a) のような密閉型の線状流路 31（図 6、図 7、図 14～図 16 等）の場合は、液滴 1 の一方の側にのみでなく、その反対側にも親水領域 41 と撥水領域 42 を交互に互い違いに設けることが望ましい。

【0067】

図 34 は、図 27 の方式の液体攪拌を図 16、図 18 等の密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、平面状の流路 33 の異なる 2 点に滴下した 2 つの液体の液滴 1 a、1 b を平面状の流路 33 の別の 1 点に向かって集まるように移動させて接触させて液滴 1 c に混合し、混合した液滴 1 c を別の方向へ搬送させ、その位置の分割電極 3 a1、3 a2 と分割電極 3 b1、3 b2 とに交互に電圧を印加して、液滴 1 c を上下左右方向への伸びと縮みを繰り返すことにより攪拌を行うものである。

【0068】

図35は、図28の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、平面状の流路33の異なる2点に滴下した2つの液体の液滴1a、1bを平面状の流路33の別の1点に向かって集まるように移動させて接触させて液滴1cに混合し、混合した液滴1cを別の方向へ搬送させ、その位置の分割電極3b1、3b2→分割電極3a1、3a2→分割電極3c1、3c2へ、その逆へと順に電圧を印加して、液滴1cを図の上下方向へ往復動させて液滴1cを流路33上で転がすことにより攪拌を促進させる例である。

【0069】

図36は、図27の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、図の分割電極3a1、3a2と分割電極3b1、3b2とに交互に電圧を印加して、液滴1を液滴1を上下左右方向へ伸びと縮みあるいは分割と混合を繰り返すことにより攪拌を行う例である。

【0070】

図37(a)は、図26の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、図の分割電極3a1、3a2→分割電極3b1、3b2→分割電極3c1、3c2→分割電極3d1、3d2へと順に電圧を印加して、液滴1を図中の矢印方向に回転させてその液滴1を攪拌する。また、図37(b)に矢印を示したように、回転方向を順次切り換えて往復回転させることにより混合攪拌を促進させることができる。

【0071】

以上、混合と攪拌の実施例について説明したが、特に粘性の高い液体同士を混合攪拌するとき、その混合を促進するには、カオス混合が可能な例えば図27、図29、図31～図33、図36のような非線形な引き延ばしと折り畳みを行う方式が望ましい。

【0072】

次に、流路中に液体を搬送しなら液体の量を測ったり（定量）、一定量の液体を分けて取り出す（分取）のための構成例を説明する。この場合は、流路中で搬送される液体を液滴1の代わりに液体50として示す。

【0073】

図38(a)は、1つの定量又は分取のための例を模式的に示す平面図であり、線状の流路31の途中に定量カップあるいは定量升到相当する定量引き込み路51a～51eが接続されている。各定量引き込み路51a～51eは行き止まりの形状をしており、その突き当たり部にそれらの中への空気の入出りを許す通気孔52が設けられており（密閉型の場合のみ）、定量引き込み路51a～51e中に溜められる液体の量は、例えばそれぞれ1単位、3単位、5単位、7単位、9単位となっているが、その容量の振り分けは任意に設定できる。流路31及び定量引き込み路51a～51eに設けられる分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてある。

【0074】

このような構成において、図38(b)に示すように、流路31の左端から液体50を矢印方向へ送り（図中、ハッチを付した分割電極には電圧が印加され、液体50の移動に寄与していることを示している。）、図38(c)に示すように、例えば1単位を測る定量引き込み路51aの入口まで搬送する。その状態で、図38(d)に示すように、定量引き込み路51a中の分割電極に電圧を印加して液体50の先端部を定量引き込み路51a内に導入する。その後、図38(e)に示すように、定量引き込み路51a外の分割電極に印加する電圧を制御して液体50の定量引き込み路51a内に導入された分50aを残して、液体50を元の位置まで後退させる。つまり、所定の量の液体50aが分けられたことになる。次いで、図38(f)に示すように、定量引き込み路51a中の分割電極と定量引き込み路51aの入口の分割電極に印加する電圧を制御して、分かれた一定量の液体50aが定量引き込み路51aから引き出され（図38(g)）、その後、後退せられた液体50の位置する端とは反対の流路31の端方向へその分取された液体50a

が搬送される。

【0075】

他の定量引き込み路 51b～51e についても同様にして、各定量引き込み路 51b～51e の固有の容量の液体が分取され、定量される。

【0076】

図 39 は、図 38 のような分取方法を利用して、一定時間経過毎に液体 50 から一定量の液体 50a を取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図であり、線状の主流路 31 は図 39 (a) の矢印のように循環流路を形成しており、その途中に行き止まりの定量引き込み路 51a が接続されている。そして、図 39 (b) に示すように、この循環流路 31 中と循環している過程で定量引き込み路 51a 中に所定量の液体 50a を残して、本体の液体 50 は循環させ、本体の液体 50 が定量引き込み路 51a から離れている位置で、図 39 (c) に示すように、分けられた液体 50a を循環流路 31 から分岐してその流路外に取り出し、変化等を測定するのに用いる。

【0077】

図 40 は、1 本の線状の流路 31 のみを利用して、液体 50 から所定量の液体 50a を分取するための例の動作を模式的に示す平面図であり、その流路 31 の途中に空気の入りを許す通気孔 52 が設けられている（密閉型の場合のみ）。そして、流路 31 に設けられる分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてある。ただし、そのような矩形の分割電極において、電圧が印加されて液体 50、50a の移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図 40 (a) に示すように流路 31 の左端の通気孔 52 から左に位置する分割電極に電圧を印加して液体 50 を左端から導入し、図 40 (b) に示すように、通気孔 52 から右側の所定位置までの分割電極に電圧を印加する。ここで、通気孔 52 の位置から右側の電圧が印加される分割電極の数（長さ）で分取される液体 50a の量が定まるので、分取しようとする液体 50a の量に応じて通気孔 52 の位置から右側の電圧が印加される分割電極の数（長さ）が決められる。その後、図 40 (c) に示すように、電圧が印加された分割電極の右端まで液体 50 が移動（導入）され、その時点で、図 40 (d) に示すように、通気孔 52 の位置に対応する 1 又は複数の分割電極に電圧を印加することを止めると、その電圧を印加することを止めた分割電極の位置で、流路 31 の左端から導入した液体 50 と分取しようとする液体 50a とが別れ初め、通気孔 52 から入った空気 53 がそれを促進する。その後、図 40 (e) に示すように、流路 31 の左端から導入した液体 50 を後退させ、その状態で、図 40 (f) に示すように、分けられた所定量の液体 50a を流路 31 の右端方向へ移動させて取り出すことができる。

【0078】

図 41 は、図 14 のような構成の円筒状の流路 34 を利用して、図 40 と同様に、液体 50 から所定量の液体 50a を分取するための例の構成と作用を示す模式図であり、この場合は流路 34 の途中に、空気の入りを許す通気孔 27 が設けられている。この場合も、図 40 と同様に、分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてあり、電圧が印加されて液体 50、50a の移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図 41 (a) に示すように流路 34 の通気孔 27 から上に位置する分割電極に電圧を印加して通気孔 27 の位置まで液体 50 を流路 34 の上端から導入し、次に、図 41 (b) に示すように、通気孔 27 から下側の所定位置までの分割電極に電圧を印加して、通気孔 27 の位置から下側の電圧が印加される分割電極の数（長さ）で分取される液体の量を定めてその位置まで液体 50 を移動（導入）させ、その時点で、通気孔 27 の位置に対応する 1 又は複数の分割電極に電圧を印加することを止め、その分割電極の位置で通気孔 27 から空気 53 が入り、液体 50 が上下に別れ初め、その後、図 41 (c) に示すように、流路 34 の上端から導入した液体 50 と分取しようとする液体 50a とが別れ、その後、図 41 (d) に示すように、流路 34 の上端から導入した上側の液体 50 を後退させ、また、分けられた所定量の下側液体 50a を流路 34 の下端方向へ移動させて取り出すことができる。

【0079】

図42は、所定量の液体50aの分取を、図16、図18等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路33で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。この場合も、分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてあり、電圧が印加されて液体50、50aの移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図42(a)に示すように、平面状の流路33の一辺から液体50を導入するが、この場合に、電圧を印加した分割電極の集合の先端に所定数、この場合は1個の分割電極だけ出っ張るように選び、その位置に導入された液体50の突起部50'を生成させる。そして、出っ張り部に対応する位置から電圧を印加する分割電極を順に矢印方向へ移動させてその突起部50'の液体を本体の液体50から分けて、出っ張り部の分割電極の数に対応する量の液体50aを分取する。

【0080】

図42(b)は、電圧を印加した分割電極の集合の先端に、図42(a)の場合の2倍、具体的には2個の分割電極だけ出っ張るように選んで、その出っ張り部の分割電極の数に対応する量の液体50aを分取する図42(a)と同様の図であるが、液体の表面張力等により、図42(b)の分割電極の電圧印加制御により分取される液体50aの量は、図42(a)の場合の2倍より多くなる可能性が高い。そこで、図42(a)の場合の確実に2倍の量の液体を分取するには、図42(c)に示すように、平面状の流路33の一辺から液体50を導入し、その場合に、電圧を印加した分割電極の集合の先端に離れて2個の分割電極だけ出っ張るように選び、それらの位置に導入された液体50の2つの突起部50₁'、50₂'を生成させる。そして、出っ張り部に対応する位置から電圧を印加する分割電極を順に矢印方向へ移動させてそれらの突起部50₁'、50₂'の液体を本体の液体50から分けて、出っ張り部の分割電極の数である2つの液体50a₁、50a₂を分割し、その後、図に矢印で示すように、2つの液体50a₁、50a₂を1点に向かって集まるように移動させて混合させて確実に2倍の量の液体50aを取り出すことができる。

【0081】

図43は、図16、図18等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路33で、図39と同様に、一定時間経過毎に液体50から一定量の液体50aを取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図であり、この場合は、図43(a)に示すように、平面状の流路33の一辺から矢印のように液体50を導入して、図43(b)に矢印で示すような循環流路を形成するようにしておく。そして、液体50が流路33を通過した後所定量の液体50aが残るように、流路33中の所定数の分割電極に電圧を印加し続ける。液体50が流路33を通過した後、図43(c)に示すように、電圧を印加し続けた分割電極の上に残って分けられた液体50aを循環流路から分岐して矢印で示すようにその循環流路外に取り出し、一定時間経過毎の液体の変化等を測定するのに用いる。

【0082】

次に、以上のような何れの液体搬送処理手段においても、特定の液体を処理(制御)した後、その流路を洗浄しないと、次の液体を搬送処理(制御)するときに流路に残った前の液体が混ざり汚染を引き起こしてしまう。そこで、以下の流路の洗浄の構成例を説明する。

【0083】

線状、面状何れの液体搬送手段においても、簡単には水等の洗浄液を流路に沿って一方向あるいは往復方向に搬送させれば流路の洗浄が可能となる。図44に密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路33を洗浄する例を模式的に示す。流路33中に流路全体に広がる量の洗浄液55を導入し、その洗浄液55を、図44(a)に矢印で示したように、一方向に移動させることによって、あるいは、図44(b)に両矢符で示したように、往復方向に移動させることによって流路33全体を洗浄することができる。

【0084】

図45は、洗浄液を用いるのではなく、流路の汚染される部分を交換する例を模式的に

示す図であり、この場合は、開放型の２次元平面状の流路 33 を綺麗に保つ構成例である。この場合は、撥水性の絶縁材料からなる薄いフィルム 56 を用い、このフィルム 56 を開放型の２次元平面状の流路 33 上に密着した状態で、そのフィルム 56 上を液滴 1 あるいは液体 50 を搬送処理（制御）するものであり、そのような液滴 1 あるいは液体 50 の搬送処理後に、別の種類の液体の液滴 1 あるいは液体 50 を搬送処理する場合に、フィルム 56 を流路 33 から剥がして供給ローラ 57 から巻き取りローラ 58 へ流路 33 の長さ以上の長さだけ送り出し、汚染されたフィルム 56 を除去して新しいフィルム 56 と交換して同様に使用する例である。

【0085】

図 46 は、複数の液滴を順次搬送する場合に、液滴間に洗浄液の液滴を介在させることにより流路を順次洗浄して液滴間で汚染が起らないようにした例であり、この構成は線状、面状何れの液体搬送手段にも適用できるが、密閉型あるいは開放型の２次元平面状の流路 33 に適用した例を模式的に示す。流路 33 上には搬送処理される複数の液滴 1 が相互に間隔をおいて順次矢印方向へ搬送されるが、その隣接する液滴 1 間に洗浄液の 1 つ以上の液滴 55 を介在させて液滴 1 と同時に同じ矢印方向へ送ることにより、前の液滴 1 で汚染された流路 33 を洗浄して次の液滴 1 を搬送する例である。

【0086】

次に、以上のような何れの液体搬送処理手段においても、液滴 1 の位置や移動をモニターする必要がある。密閉型であっても開放型であっても、また、流路が線状であっても面状であっても、液滴 1 の位置が外から観察可能な場合は、適当な照明を行い、流路をカメラの撮像素子上に結像することで、液滴 1 の位置やその移動をモニターすることができる。図 47 に、1 例として、密閉型あるいは開放型の２次元平面状の流路 33 に照明光源 61 からの照明光を当て、カメラ 60 でその流路 33 の全面を撮像することにより、液滴 1 が符号 1 の位置から符号 1' の位置へ移動したことをモニターする構成を模式的に示す。図 47 (a) の場合は、照明光源 61 を平面状の流路 33 の略真上に配置し、その照明光源 61 に並列して結像面に撮像素子を備えたカメラ 60 を配置し、照明光源 61 からの照明光で流路 33 を略真上から照明し（落射照明）、カメラ 60 で流路 33 を撮像すると、液滴 1 が散乱光で強く輝くので、その位置及び移動をモニターすることができる。また、図 47 (b) の場合は、照明光源 61 を平面状の流路 33 の斜め上方向に配置し（図の場合は、2 つの照明光源 61 を相互に反対側の斜め上方に配置している。）、流路 33 の略真上に撮像素子を備えたカメラ 60 を配置し、照明光源 61 からの照明光で流路を斜め上方から照明し（暗視野照明）、カメラ 60 で流路 33 を撮像すると、液滴 1 が散乱光で強く輝くので、その位置及び移動をモニターすることができる。

【0087】

図 47 の場合はいわば反射照明による液滴 1 の位置等のモニターであったが、流路が密閉型、開放型何れであっても、また、その形状が線状、面状何れであっても、流路が透明な場合には透過照明によっても液滴 1 の位置等をモニターすることができる。図 48 は、その例として図 1 の液体搬送手段で搬送される液滴 1 の位置をモニターする構成例を示す図であり、ここでは、１次元方向の任意の位置へ搬送可能な液体搬送手段として、液滴 1 の位置をモニターする機構を示す。図 48 (a) の断面図において、図 1 の液体搬送手段の基板 8 の外側には、凸レンズ形状をした液滴 1 の集光面近傍であって基板 8 と平行に、アレイ状に配置された CCD 等の受光素子群 63 が基板 62 上に設けられている。

【0088】

このような構成において、図 1 の液体搬送手段の共通電極膜 2 を設けた基板 7 側から全面に例えば平行光 64 を照射すると、液滴 1 が存在する位置では、その位置に入射する平行光 64 の成分は、対応する位置の受光素子に集光される。例えば、液滴 1 が図 48 (a) の破線位置 1 にあるときは、受光素子群 63 からは図 48 (b) に破線で示すような受光強度と位置関係の信号が得られる。一方、液滴 1 が図 48 (a) の実線位置（符号 1'）にあるときは、受光素子群 63 からは図 48 (b) に実線で示すような受光強度と位置関係の信号が得られる。このように、その信号のピーク位置で、液滴 1 の位置がモニター

できる。したがって、そのモニター信号を制御装置 10 (図 1) へフィードバックすることにより、液滴 1 のより正確な位置制御が可能になる。あるいは、このような信号のピーク位置を表示装置上に表示することにより、微小な液滴 1 の位置を明確に表示することができる。なお、受光素子群 63 を 2 次元のアレイ状に配置したものとして構成することにより、液滴 1 の 2 次元位置をモニターすることができる。

【0089】

図 49 は、図 48 の配置で、液滴 1 に対応する受光強度信号のピーク位置があまり大きくなく受光強度のコントラストが低い場合に、そのコントラストを高めて高精度で液滴 1 の位置を検出できるように空間周波数フィルタリングの手法を導入した場合の断面図である。この場合は、図 1 の液体搬送手段と基板 62 上の受光素子群 63 との間に相互に共焦点の 2 枚の正レンズ 67、68 を配置し、図 1 の液体搬送手段を正レンズ 67 の前側焦点面に、受光素子群 63 を正レンズ 68 の後側焦点面に配置し、正レンズ 67 と正レンズ 68 の共焦点位置に遮光体 69 を配置して構成される。なお、この場合の図 1 の液体搬送手段を照明する平行光 64 は、コリメートレンズ 66 の前側焦点位置に配置された点光源 65 からの照明光をコリメートレンズ 66 で平行にすることにより得ている。

【0090】

このような配置であるので、点光源 65 からの照明光がコリメートレンズ 66 で平行光 64 にされ、その平行光 64 で図 1 の液体搬送手段の共通電極膜 2 を設けた基板 7 側から全面を照射すると、液滴 1 の存在しない位置では平行光のままその液体搬送手段を透過して正レンズ 67 でその後側焦点位置に集光され、遮光体 69 で遮断される。一方、液滴 1 の輪郭では入射する平行光 64 が屈折により方向が曲げられて液体搬送手段を透過して正レンズ 67 でその後側焦点位置以外の位置に向かうように進み、遮光体 69 に当たらずに別の正レンズ 68 に入射し、その正レンズ 68 の後側焦点面に液滴 1 の輪郭の像 70 を結像する。その液滴 1 の輪郭の像 70 を受光素子群 63 で検出することにより、高精度で液滴 1 の位置を検出することができる。

【0091】

次に、2 次元平面状の流路 33 上に複数の液滴を並べて配置し、その中の特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替えることが必要になる場合がある。このような液滴の並べ替え、取り出しをソートと呼ぶ。線状の流路を網の目状に接続しておいてソートを可能にすることができるが、より自由度を高くソートを可能にするには 2 次元平面状の流路 33 を用いる。図 50 はその 1 例を示す斜視図 (a) を平面図 (b) であり、密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路 33 を用い、この平面状の流路 33 には、X 方向、Y 方向に 2 次元分割されて碁盤の目状に配置された分割電極 $3_{1,1}$ 、 $3_{1,2}$ 、 \dots 、 $3_{1,10}$ 、 \dots 、 $3_{2,1}$ 、 $3_{2,2}$ 、 \dots 、 $3_{2,10}$ 、 \dots 、 $3_{3,1}$ 、 $3_{3,2}$ 、 \dots 、 $3_{3,10}$ 、 \dots 、 $3_{7,1}$ 、 $3_{7,2}$ 、 \dots 、 $3_{7,10}$ 、 \dots の集合が配置されている。ここで、 $3_{m,n}$ を m 行 n 列の分割電極とする。

【0092】

そして、この例の場合、液滴 1_{11} 、 1_{12} 、 1_{13} 、 1_{14} 、 1_{15} は 2 行目の分割電極の 4 つの分割電極毎にそれぞれ滴下されており、液滴 1_{21} 、 1_{22} 、 1_{23} 、 1_{24} 、 1_{25} は 6 行目の分割電極の 4 つの分割電極毎に、液滴 1_{11} 、 1_{12} 、 1_{13} 、 1_{14} 、 1_{15} と列方向に整列してそれぞれ滴下されており、同様に、液滴 1_{31} 、 1_{32} 、 1_{33} 、 1_{34} 、 1_{35} は 10 行目の分割電極の 4 つの分割電極毎にそれぞれ滴下されている。すなわち、行間でも列間でも間に 3 つの分割電極を介して X 方向、Y 方向に整列して液滴 1_{11} 、 1_{12} 、 1_{13} 、 1_{14} 、 1_{15} 、液滴 1_{21} 、 1_{22} 、 1_{23} 、 1_{24} 、 1_{25} 、液滴 1_{31} 、 1_{32} 、 1_{33} 、 1_{34} 、 1_{35} が並列配置されている。

【0093】

このような状態で、例えば 2 行 2 列の分割電極 $3_{2,2}$ 位置の液滴 1_{11} を液滴 1_{11} 、 1_{12} 、 1_{13} 、 1_{14} 、 1_{15} と液滴 1_{21} 、 1_{22} 、 1_{23} 、 1_{24} 、 1_{25} の間の経路を矢印方向へ辿って移動させることによりソートする場合、図 50 (b) の矢印が接する分割電極 $3_{3,2} \rightarrow 3_{4,2} \rightarrow 3_{4,3} \rightarrow 3_{4,4} \rightarrow 3_{4,5} \rightarrow 3_{4,6} \rightarrow 3_{4,7} \rightarrow 3_{4,8} \rightarrow 3_{4,9} \rightarrow 3_{4,10}$ と順に電圧を

印加して液滴 1₁₁ を移動させる。

【0094】

仮に、整列配置された液滴間の行間又は列間において、3つ以上の分割電極を介さない場合は、行間又は列間の分割電極に電圧を印加して特定の液滴を移動させようとする、その液滴だけでなく、本来移動させたくない液滴も移動してしまうので、所望のソートが行えない。

【0095】

このように、2次元平面状の流路 3₃ 上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間の流路を通して特定の液滴を選択的に取り出したり並べ替えるには、2次元平面状の流路 3₃ を構成する2次元分割された分割電極あるいは単純マトリックス駆動の電極構造の場合は2次元配置の電極交差部(図 15)(各分割電極又は各電極交差部をセグメントと言う。)が並列配置された液滴間で少なくとも3つのセグメントが存在するように、複数の液滴を並列配置しなければならない。

【0096】

さて、以上のような液体の各種処理(制御)を行う部分をユニット化して、目的毎に異なるユニットを複数連結してシステム化するようにすることも可能である。その例を以下に示す。図 51 は、処理ユニットの例を示す模式的斜視図である。図 51 (a) は、図 20 等で例示した2液を混合させる処理ユニット 71 であり、流路を反対に用いることにより、液体を2つに分岐することにも用いられる。この場合は、2つの液溜め 35 a と 35 b が処理ユニット 71 上に設けられ、それらの液溜め 35 a、35 b からそれぞれ流路 31 a、31 b が合流領域 32 まで延びており、合流領域 32 からは混合された液体を搬送する1本の流路 31 c が液溜め 35 a、35 b と反対側の処理ユニット 71 の端部まで伸びている。

【0097】

図 51 (b) は、流路 31 d と流路 31 e の間、及び、流路 31 e と流路 31 g の間に図 26 等で例示した攪拌部 36 が設けられ、途中の流路 31 e は蛇行流路として加熱部あるいは冷却部あるいはその双方 74、75 が設けられた処理ユニット 72 であり、流路 31 d と流路 31 g は相互に反対側の端部まで伸びている。

【0098】

図 51 (c) は、一端から他端へ伸びる流路 31 h の途中の分岐部 76 で流路 31 に分岐させ、その流路 31 の端に液溜めあるいは液取り出し口 77 を設けて液体の一部を取り出す処理ユニット 73 であり、流路を反対方向に用いることにより、液体を途中で加える処理ユニットとしても用いることができる。

【0099】

図 52 は、液体の処理(制御)目的に合わせて、以上のような処理ユニット 71~73 等を任意に組み合わせて種々の処理を行わせることができることを示す模式的斜視図であり、図 52 (a) はこのような処理ユニット 71~73 等を単線的に組み合わせた場合、図 52 (b) は立体的かつ並列的に組み合わせて並列処理を行う場合をそれぞれ示す。図 52 (a) においては、処理ユニット 71 と、処理ユニット 72 を2つ 72 a と 72 b と、処理ユニット 73 を2つ 73 a と 73 b と用いて、処理ユニット 71 → 処理ユニット 72 a → 処理ユニット 73 a → 処理ユニット 72 b → 処理ユニット 73 b と繋いでなるものである。

【0100】

図 52 (b) においては、処理ユニット 71 を2つ 71 a と 71 b と、処理ユニット 72 を3つ 72 a と 72 b と 72 c と、処理ユニット 73 を4つ 73 a と 73 b と 73 c と 73 d と、他の処理ユニット 79 a、79 b、80 と用いて、上側の単線処理は図 52 (a) と同様に組み合わせ、一方、図 52 (a) の処理ユニット 73 a の液溜めあるいは液取り出し口 77 から取り出された液体は、流路 78 を経て下側の単線処理列に送られる。この下側の単線処理列は、処理ユニット 71 b → 処理ユニット 79 a → 処理ユニット 79 b → 処理ユニット 73 c → 処理ユニット 72 c → 処理ユニット 73 d → 処理ユニット 80

と繋いでなるものである。なお、ここで、処理ユニット79a、79bは流路を曲げる曲線流路のみを持つ単純な処理ユニットであり、また、処理ユニット80は液溜めを有する処理ユニットである。

【0101】

なお、図52はあくまで図51(a)～(c)の処理ユニット71～73等を任意に選んで単線的あるいは並列的に連結することにより、種々の液体の処理(制御)の用途に供することができることを示すための図であり、詳細な説明は省く。

【0102】

図53は、処理ユニット81として円形の循環流路81iを設け、その流路81iに液溜め35aと35bを分岐して繋ぎ、循環流路81iの途中に例えばヒータを備えた加熱器82と光学的な測定器83を設け、この循環流路81i中で循環させる液的1又は液体50の加熱等の処理後の経時変化を測定できるようにしたものである。なお、加熱器82の代わりに、混合、分離等の各種の処理部を設け、また、光学的な測定器83の代わりに、液体50の各種特性を検出する測定器を設けるようにしてもよい。

【0103】

なお、以上の処理ユニット71～73、79a、79b、80、81等においては、それぞれの液体処理は単一であったが、同じ処理ユニット上に同じ処理をする流路を複数並列配置して、処理ユニット単体での単位面積当たりの処理量を上げるようにすることもできる。

【0104】

さて、以上のような処理ユニットに限らず、流路途中での液体の処理(制御)としては、上記のような混合、攪拌、分岐、定量、分取、洗浄、ソート、検出、加熱、冷却、循環に限定されず、種々の処理が可能である。

【0105】

さらに、図1～図4のような液体搬送手段を用いるとき、共通電極2と分割電極群3の間、あるいは、分割電極群3と分割電極群3'の間に駆動電圧を印加する電源5として交流を用いると、液滴1あるいは液体50が加熱される傾向になる。そこで、特に、流路中の加熱領域や混合・攪拌領域の駆動電源5として交流電源を積極的に用い、流路中の他の領域には直流電源を用いるようにしてもよい。

【0106】

また、液体搬送処理手段の流路の幅(線状の流路の場合はその幅、面状の流路の場合は分割電極の幅)は、特に液的1あるいは液体50が血液等の細胞を含むものの場合、20 μm 以上、好ましくは50 μm 以上であることが望ましい。その幅以下であると、細胞を含む液的1あるいは液体50を詰まりなくスムーズに移動させることが容易でなくなる。

【0107】

また、本発明の液体搬送処理手段は、温度センサーを基板に設け、搬送処理される液的1あるいは液体50の温度をモニターもできるようにすることが望ましい。そして、その液体搬送処理手段を設置している雰囲気(気体)の温度のモニターできるように周囲の雰囲気にも温度センサーを設けるようにすることが望ましい。これは、特にバイオテクノロジーにおけるDNA等を含む液体を加熱処理しその後、周囲の温度に戻す必要がある場合等に望ましい形態である。

【0108】

さらに、本発明の液体搬送処理手段を設置して用いる雰囲気(気体)に湿度センサーと加湿器と除湿器を設けることが望ましい場合がある。特に、開放型の液体搬送処理手段を用いる場合に、周囲の湿度が低すぎると、液滴1あるいは液体50の水分等が蒸発したり、周囲の湿度が高すぎると、結露して、液滴1あるいは液体50の性質が変化してしまう恐れがあるため、周囲の雰囲気(気体)に湿度センサーと加湿器と除湿器を設けてこのようなことが発生しないようにすることが望ましい。

【0109】

さらに、本発明の何れの液体搬送処理手段においても、流路31、33を設ける基板8

として可撓性のあるフレキシブル基板を用いて液体搬送処理手段をフレキシブルなものとして形成するようにすることもできる。

【0110】

また、本発明の液体搬送処理手段において対象とする液体としては、限定的ではないが、例えば、バイオ技術におけるDNA等を含む溶液、生化学における液体、血液等がある。

【0111】

以上の本発明の液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段は、例えば次のように構成することができる。

【0112】

〔1〕 面状の流路であって、2次元配列のセグメント各々に印加する電圧のオン・オフあるいは位相をセグメント毎に制御することにより流路面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路において、流路面上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間のセグメントを通して特定の液滴を選択的に搬送させて流路外に取り出したり並べ替える液体搬送処理方法において、前記複数の液滴各々は隣接する液滴との間に少なくとも3つのセグメントが介在するように相互に並列配置されることを特徴とする液体搬送処理方法。

【0113】

〔2〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の2次元に並列配置された第1電極と、前記液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記第1電極に対応する領域の各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

【0114】

〔3〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の2次元に並列配置された第1電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記第1電極に対応する領域の各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

【0115】

〔4〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記2又は3記載の液体搬送処理方法。

【0116】

〔5〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の1次元に並列配置され長尺で相互に平行な第1電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された複数の第1電極の並列配置方向と交差する方向に1次元に並列配置され長尺で相互に平行な第2電極と、第1電極と第2電極との間に印加する印加電圧を第1電極及び第2電極の電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、第1電極と第2電極の各電極間の交差位置各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極及び第2電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

【0117】

〔6〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の2次元に並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された

3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

【0118】

〔7〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記2から6の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

【0119】

〔8〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路の面を照明する照明光源と、前記流路の面を撮像し、撮像された流路上の液滴の位置又はその移動をモニターする撮像装置とを備えていることを特徴とする液体搬送処理手段。

【0120】

〔9〕 前記流路の面に対して前記照明光源が前記撮像装置と同じ側に配置されており、前記撮像装置は流路上の液滴で散乱された光により液滴の位置又はその移動をモニターすることを特徴とする上記8記載の液体搬送処理手段。

【0121】

〔10〕 前記流路の面に対して前記照明光源が前記撮像装置と反対側に配置されており、前記撮像装置は流路上の液滴で集光あるいは発散された光を受光する複数の並列配置された受光素子からなり、前記受光素子で受光された受光強度信号から液滴の位置又はその移動をモニターするように構成されていることを特徴とする上記8記載の液体搬送処理手段。

【0122】

〔11〕 前記流路の面と前記受光素子の間に空間周波数フィルタリング手段を備えていることを特徴とする上記10記載の液体搬送処理手段。

【0123】

〔12〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理手段。

【0124】

〔13〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理手段。

【0125】

〔14〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記12又は13記載の液体搬送処理手段。

【0126】

〔15〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記12から14の何れか1項記載の液体搬送処理手段。

【0127】

〔16〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記13記載の液体搬送処理手段。

【0128】

【17】 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理手段。

【0129】

【18】 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理手段。

【0130】

【19】 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記12から18の何れか1項記載の液体搬送処理手段。

【産業上の利用可能性】

【0131】

本発明の液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段によると、面状の流路上で複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理が確実に行うことが可能になり、また、流路上を搬送処理される液滴の位置や移動を確実にモニターすることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0132】

【図1】 エレクトロウエッティング現象を利用する第1形態の液体搬送手段の原理を説明するための断面図である。

【図2】 図1の変形例の要部を示す断面図である。

【図3】 エレクトロウエッティング現象を利用する第2形態の液体搬送手段の構成を示す断面図である。

【図4】 第2形態の変形例の液体搬送手段の構成を示す断面図である。

【図5】 誘電泳動現象を利用して進行波回転電界により搬送する第3形態の液体搬送手段の原理を説明するための断面図である。

【図6】 流路の断面形状をV溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

【図7】 流路の断面形状を矩形溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

【図8】 流路の断面形状を矩形溝形状にし、共通電極を線状のものにした第1形態の流路の例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

【図9】 流路を平面状にし、共通電極を線状のものにした第1形態の流路の例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

【図10】 図9の流路に設ける分割電極群と線状電極の配置を示す平面図(a)と断面図(b)である。

【図11】 図10の配置を変形した第2形態の液体搬送手段を平面型に構成したものの平面図(a)と断面図(b)である。

【図12】 図10の配置において流路をV溝で構成したものの平面図(a)と断面図(b)である。

【図13】 分割電極群の形状の変形例を示す平面図である。

【図14】 図11の平面型の形態を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段とした例の透視斜視図である。

【図15】 図4の第2形態の変形例を2次元搬送形にした場合の分解斜視図である。

【図16】 図1の第1形態、図3の第2形態を2次元搬送形にした場合の分解斜視図である。

【図 17】図 16 の構成における分割電極へ配線を接続する構成を示す透視斜視図 (a) と断面図 (b) である。

【図 18】図 1 の第 1 形態を 2 次元搬送形であって流路を平面状で開放された構成とした場合の分解斜視図 (a) と断面図 (b) である。

【図 19】図 18 と同様の流路が平面状で開放された構成とした場合の他の例の平面図である。

【図 20】線状流路を途中で合流させて 2 液を混合させる場合の模式図である。

【図 21】図 20 のような混合のための液体搬送処理手段を流路が V 溝で形成された密閉型の液体搬送手段で構成した場合の 1 例を示す模式的な透視斜視図である。

【図 22】図 20 の変形例を示す模式図である。

【図 23】図 22 の方式の液体混合を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的斜視図である。

【図 24】円筒状の流路を利用して 2 つの液滴を 1 つの液滴に混合させる構成と作用を示す模式図である。

【図 25】1 つの液体の 1 つの液滴に両側から別の液体の 2 つの液滴を接触させて混合させる場合の流路全体を模式的に示す図である。

【図 26】2 つの流路間に攪拌部を設けた 1 例の分割電極パターン (a) と移動方向 (b) を示す図である。

【図 27】2 つの流路間に攪拌部を設けた別の例の分割電極パターンを示す図である。

【図 28】滴滴を 1 本の流路中を往復動させて滴滴を流路中で転がすことにより攪拌を促進させる例を示す図である。

【図 29】2 つの流路間に攪拌部を設けた別の例の構成を示す模式図である。

【図 30】2 つの流路間に攪拌部を設けたさらに別の例の構成を示す模式図である。

【図 31】基板中に溝を設けてその途中の流路にジグザグを入れる突起群を配置して攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

【図 32】基板中に溝を設けてその途中の流路に流路を一旦狭める門部を配置して攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

【図 33】密閉された線状流路 (a) 又は開放された平面状の流路 (b) の液滴進行方向に親水領域と撥水領域とを交互に設けて攪拌を促進する場合の模式図である。

【図 34】図 27 の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

【図 35】図 28 の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

【図 36】図 27 の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした別の例を示す模式的平面図である。

【図 37】図 26 の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

【図 38】流路中に液体を搬送しなら液体の定量、液体の分取のための 1 つの構成例と作用を模式的に示す平面図である。

【図 39】図 38 のような分取方法を利用して一定時間経過毎に一定量の液体を取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図である。

【図 40】1 本の線状の流路のみを利用して所定量の液体を分取するための例の動作を模式的に示す平面図である。

【図 41】円筒状の流路を利用して図 40 と同様に所定量の液体を分取するための例の動作を模式的に示す平面図である。

【図 42】所定量の液体の分取を密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

【図 43】密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路で一定時間経過毎に一定量の液体を取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図である。

【図 4 4】密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路を洗浄する例を模式的に示す図である。

【図 4 5】流路の汚染される部分を交換する例を模式的に示す図である。

【図 4 6】複数の液滴を順次搬送する場合に、液滴間に洗浄液の液滴を介在させることにより流路を順次洗浄して液滴間で汚染が起らないようにした例を示す模式図である。

【図 4 7】密閉型あるいは開放型の 2 次元平面状の流路に照明光を当てその流路の面を撮像することにより液滴の移動をモニターする構成を模式的に示す図である。

【図 4 8】図 1 の液体搬送手段で搬送される液滴の位置をモニターする構成例を示す図である。

【図 4 9】空間周波数フィルタリングの手法を導入して図 1 の液体搬送手段で搬送される液滴の位置をモニターする構成例を示す断面図である。

【図 5 0】2 次元平面状の流路上に並列配置された液滴を選択的に取り出したり並べ替える例を示す斜視図 (a) を平面図 (b) である。

【図 5 1】液体処理ユニットの例を示す模式的斜視図である。

【図 5 2】液体の処理目的に合わせて処理ユニットを任意に組み合わせて種々の処理を行わせることができることを示す模式的斜視図である。

【図 5 3】円形の循環流路を設けて循環流路中に液体処理部とその処理後の液体の特性を検出する液体特性検出部とを配置する例の模式的斜視図である。

【符号の説明】

【0133】

1、1'、1a、1b、1c、1a₁、1a₂、1f、1g、1h、1i、1₁₁～1₃₅…液滴

2…共通電極 (共通電極膜)

2'…線状電極

3、3'…分割電極群

3₁～3₆、3₇、3₈、3'₁～3'₆、3₁₁～3₆₆、3₁₁～3_{nm}、3_{a1}～3_{a7}、3_{b1}～3_{b7}、3_{c1}～3_{c4}、3_{d1}～3_{d7}、3_{e1}～3_{e7}、3_{f1}～3_{f24}、3_{g1}～3_{g4}、3_{h1}～3_{h6}、3_{i1}～3_{i6}、3_{1,1}～3_{7,10}…分割電極

4、4'…絶縁膜

5…電源

6、6'…スイッチ群

6₁～6₆、6₇、6'₁～6'₆…スイッチ

7、8…基板

9…隙間

10…制御装置

11、11'…撥水層

15…3 相交流電源

16…位相制御回路 (スイッチ・位相制御回路)

17₁～17₃…電線

20…V 溝

21…矩形溝

22…配線

23…接続線

24…円筒体 (パイプ)

25…配線のための領域

26…絶縁膜

27…通気孔

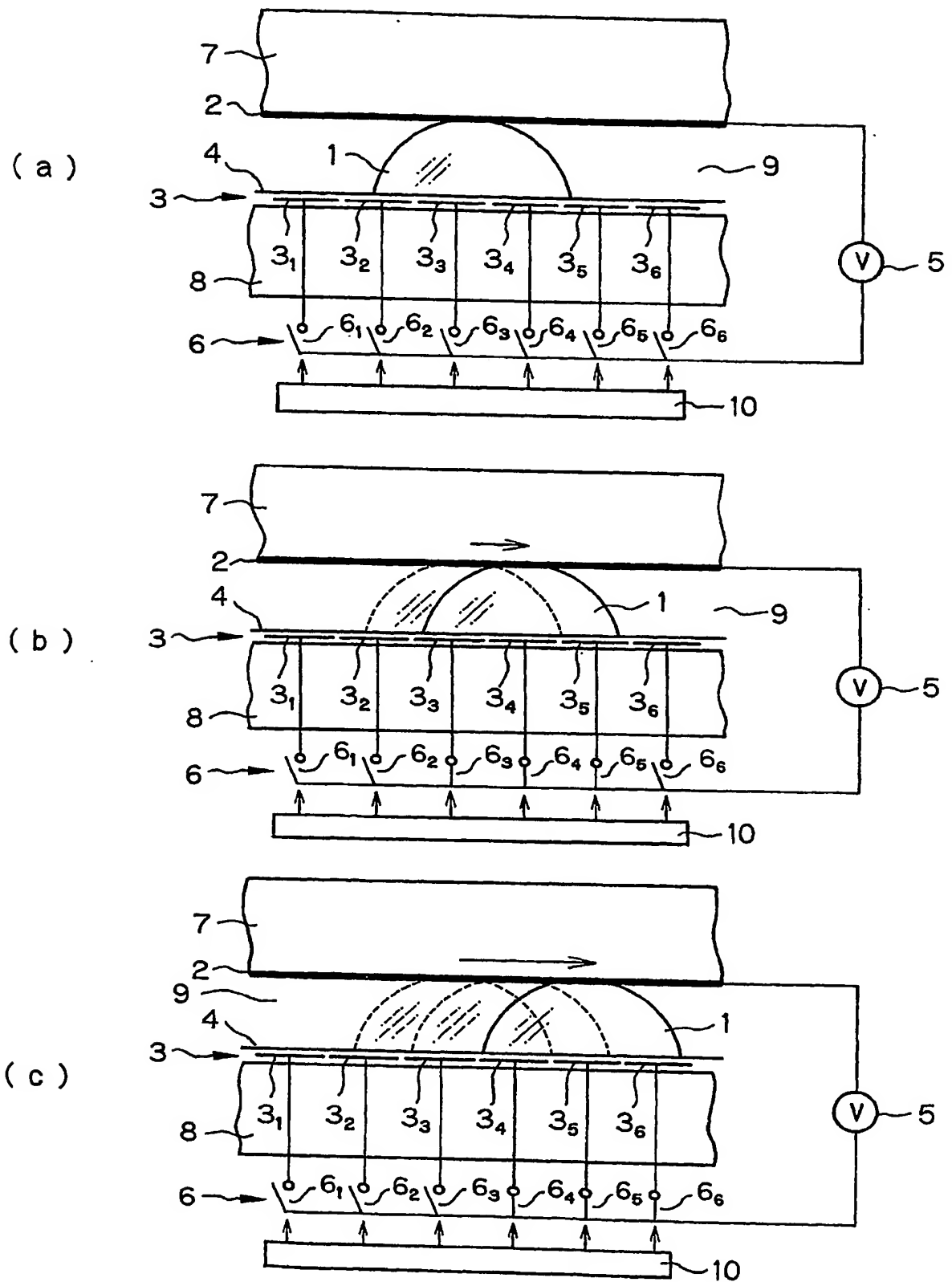
31a、31b、31c、31a₁、31a₂、31d、31e、31g、31h…流路

31f…幅広流路

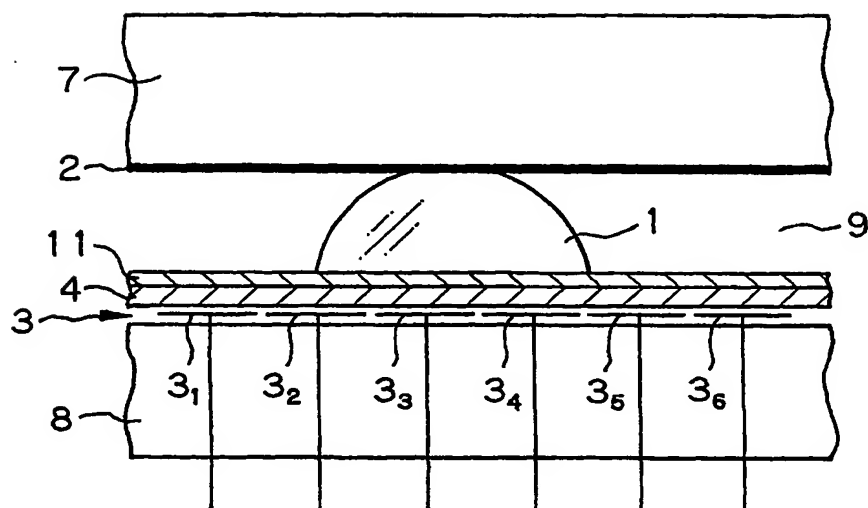


- 3 2…並行領域（合流領域）
- 3 3…平面状の流路
- 3 4…円筒状の流路
- 3 5 a、3 5 b…液溜め（液体供給部）
- 3 6…攪拌部
- 3 7…逆止突起
- 3 8…傾斜部
- 3 9…突起群
- 4 0…門部
- 4 1…親水領域
- 4 2…撥水（疎水）領域
- 5 0…液体
- 5 0 a、5 0 a₁、5 0 a₁ …分取される液体
- 5 0'、5 0₁'、5 0₂' …導入された液体の突起部
- 5 1 a～5 1 e…定量引き込み路
- 5 2…通気孔
- 5 5…洗浄液
- 5 6…撥水性の材料からなる薄いフィルム
- 5 7…供給ローラ
- 5 8…巻き取りローラ
- 6 0…カメラ
- 6 1…照明光源
- 6 2…基板
- 6 3…受光素子群
- 6 4…平行光
- 6 5…点光源
- 6 6…コリメートレンズ
- 6 7、6 8…正レンズ
- 6 9…遮光体
- 7 0…液滴の輪郭の像
- 7 1、7 2、7 3、7 1 a、7 1 b、7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 3 a、7 3 b、7 3 c、7 3 d、7 9 a、7 9 b、8 0、8 1…処理ユニット
- 7 4、7 5…加熱部、冷却部
- 7 6…分岐部
- 7 7…液取り出し口
- 7 8…流路
- 8 1 i…循環流路
- 8 2…加熱器
- 8 3…光学的な測定器

【書類名】 図面
【図 1】

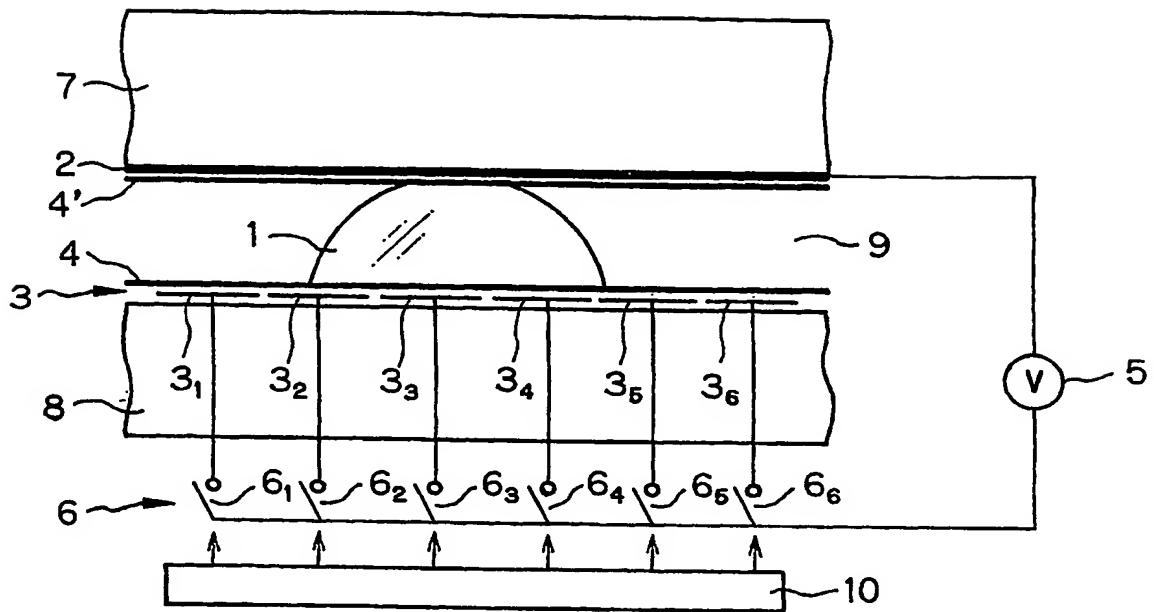


【図 2】

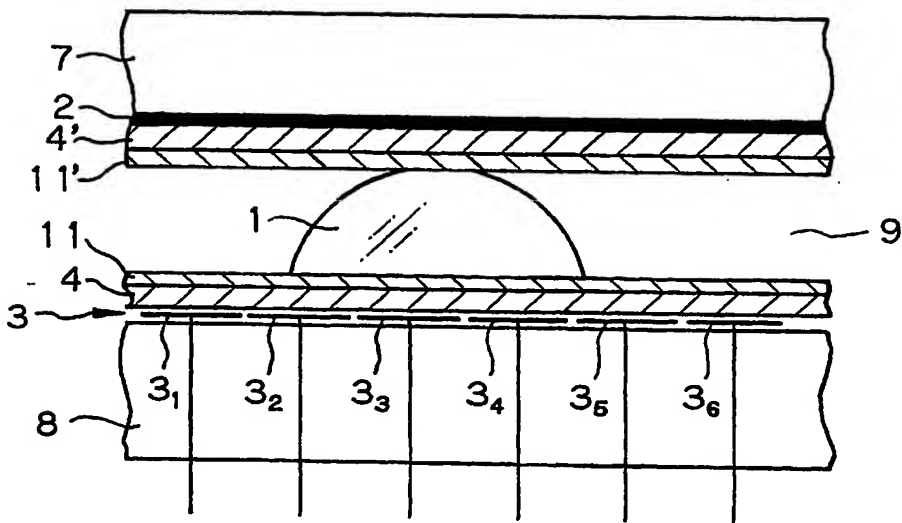


【図 3】

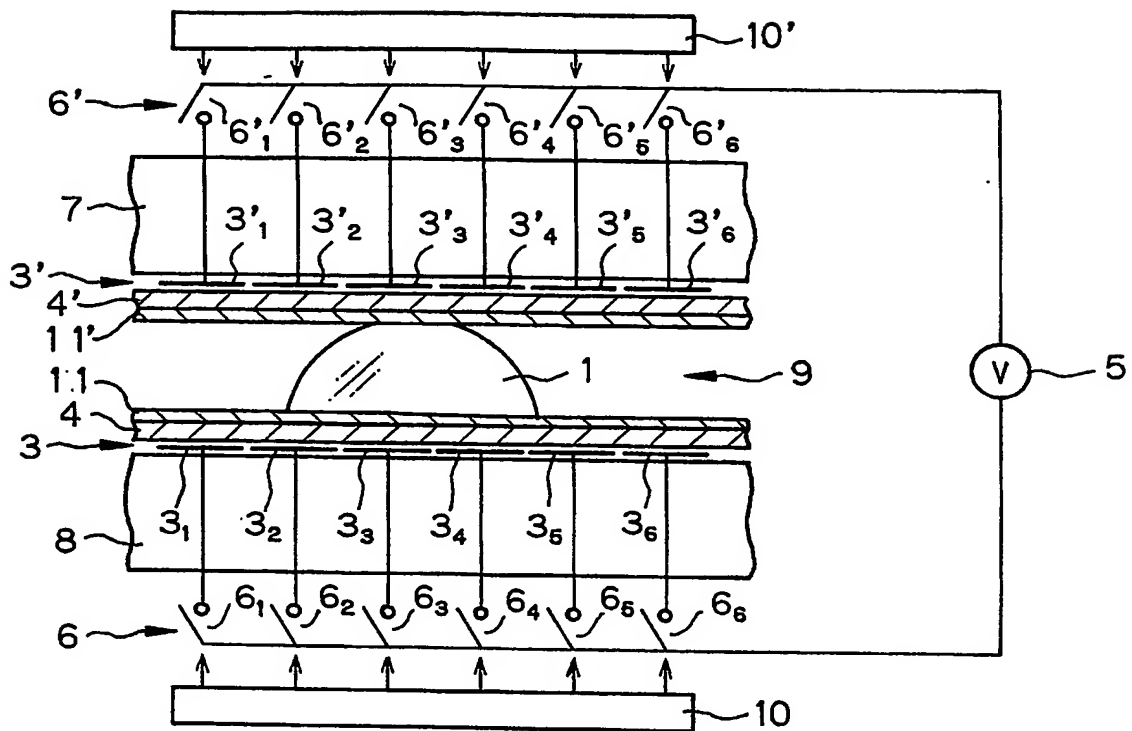
(a)



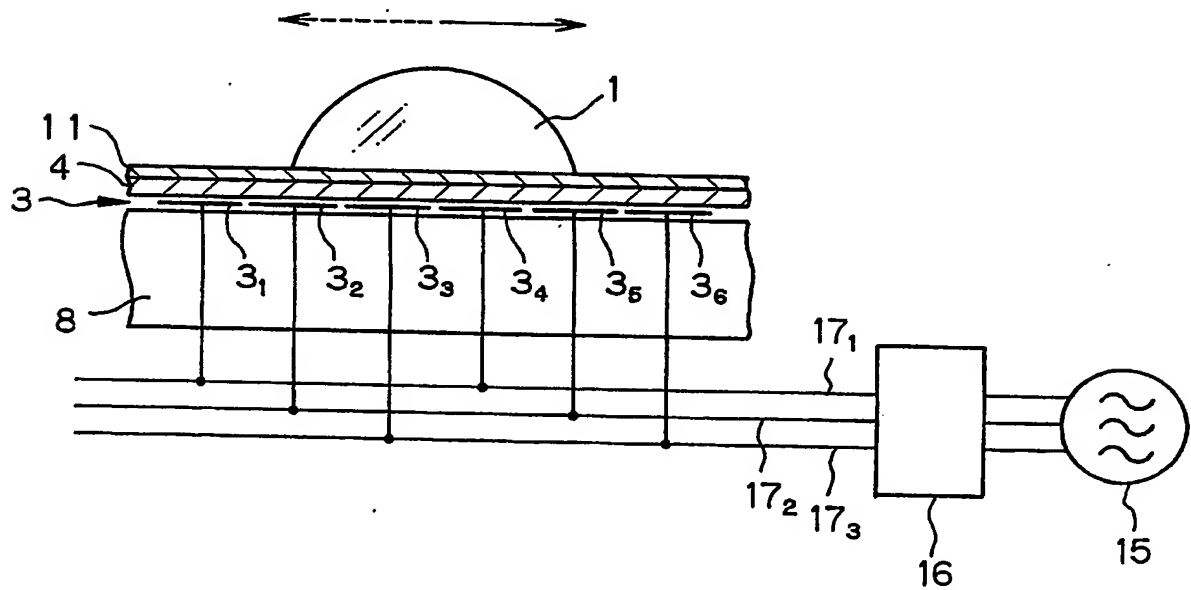
(b)



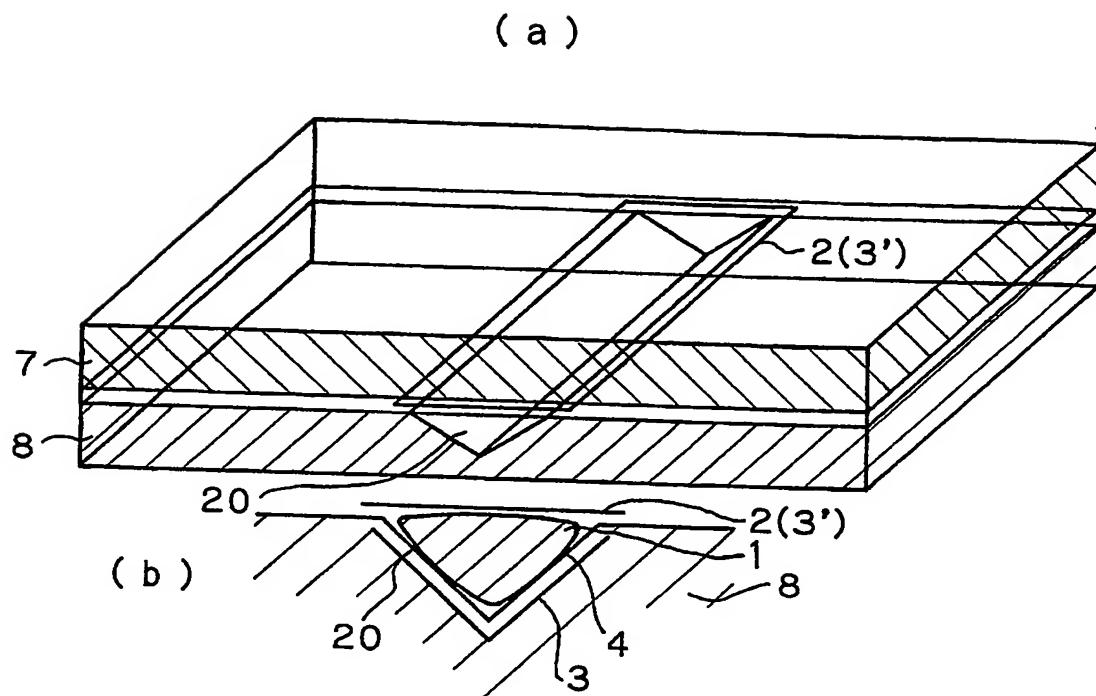
【図 4】



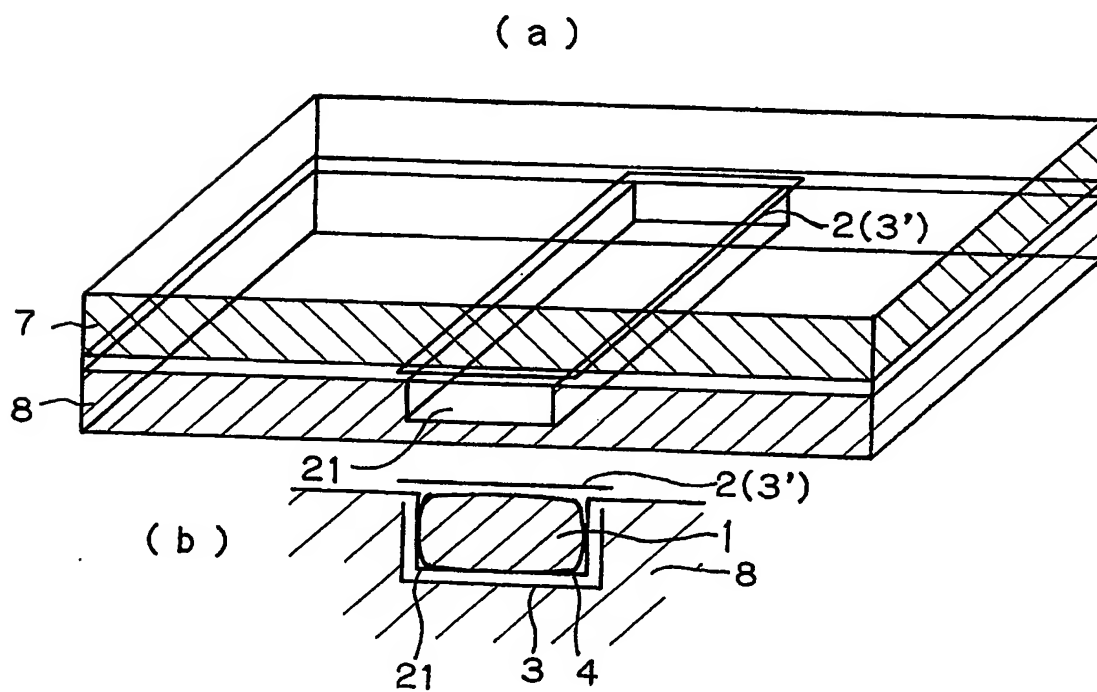
【図 5】



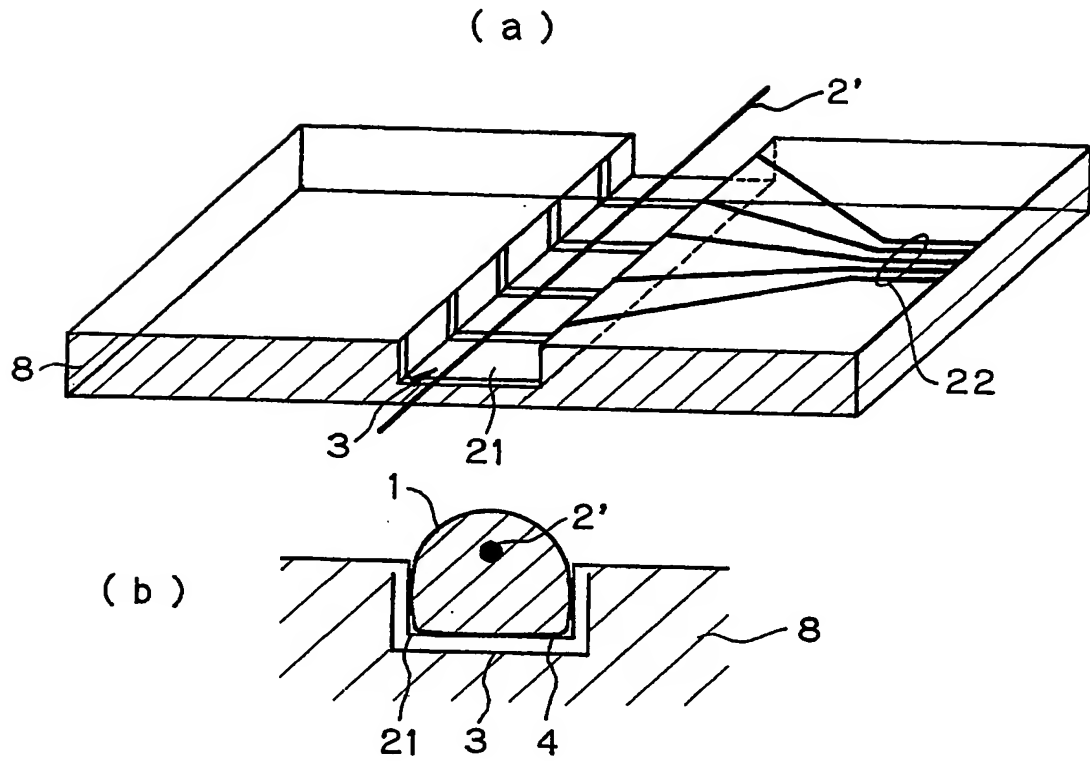
【図 6】



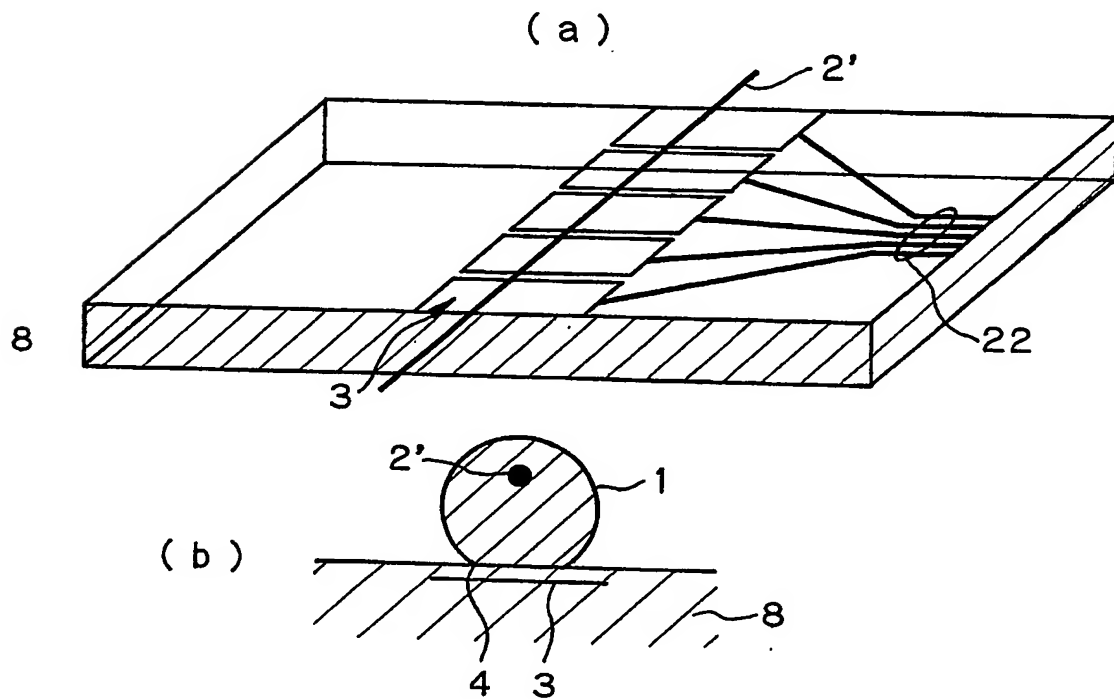
【図 7】



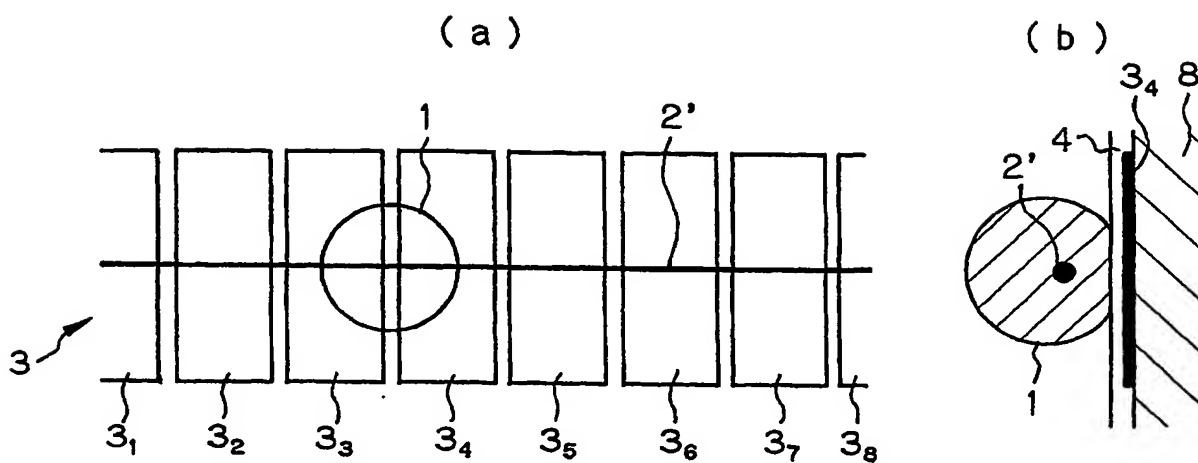
【図 8】



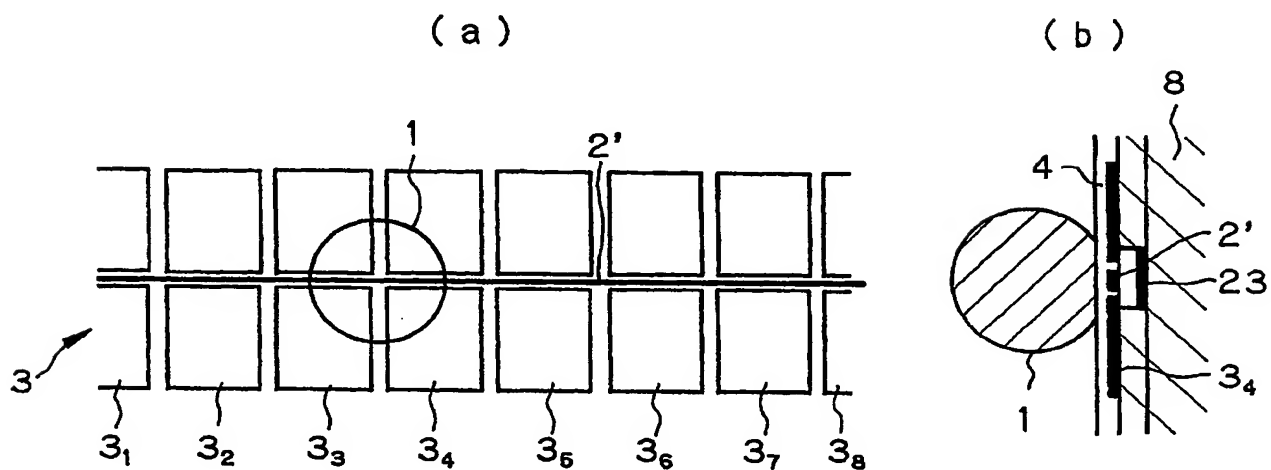
【図 9】



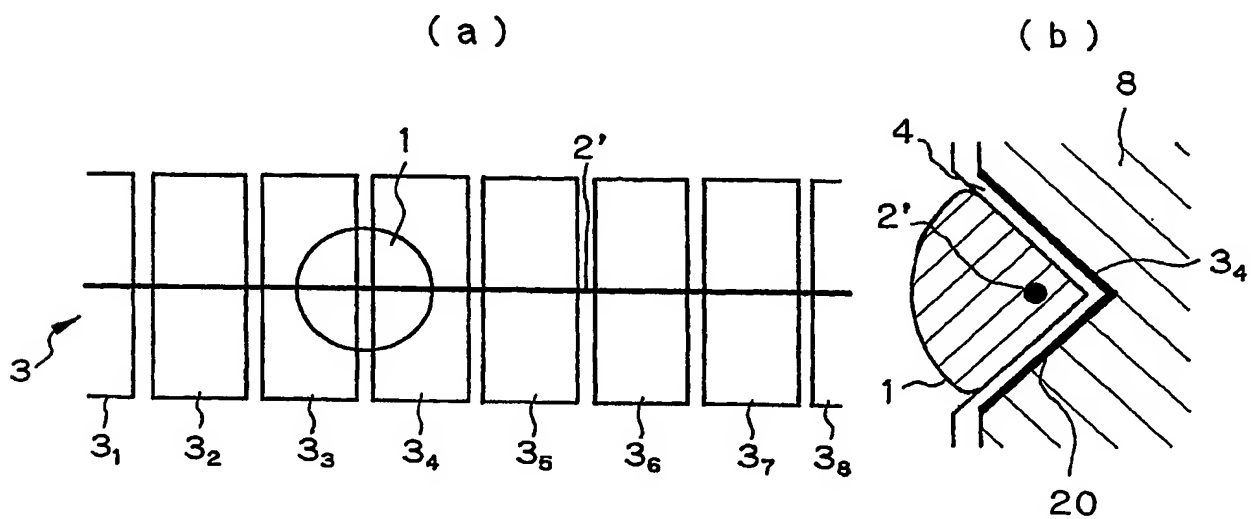
【図 10】



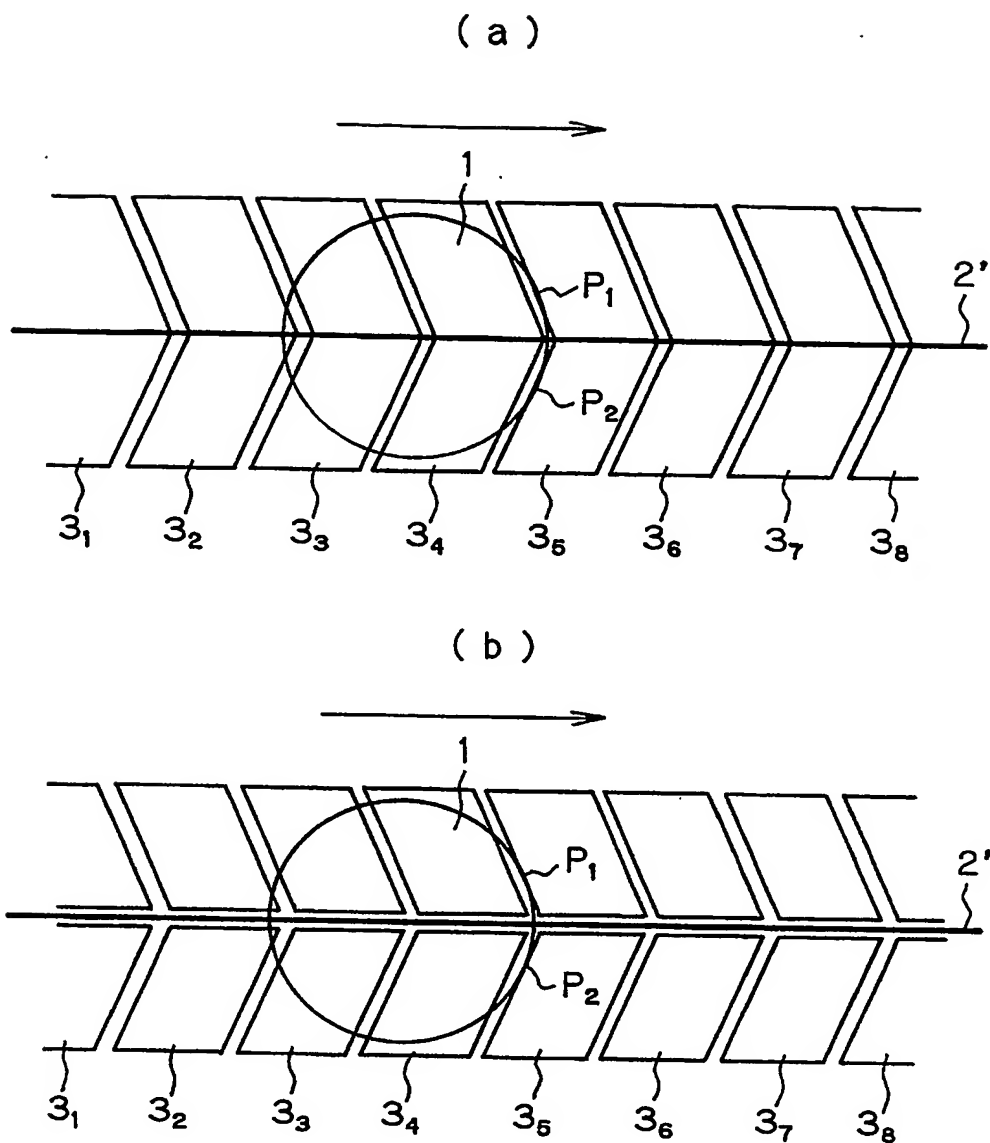
【図 11】



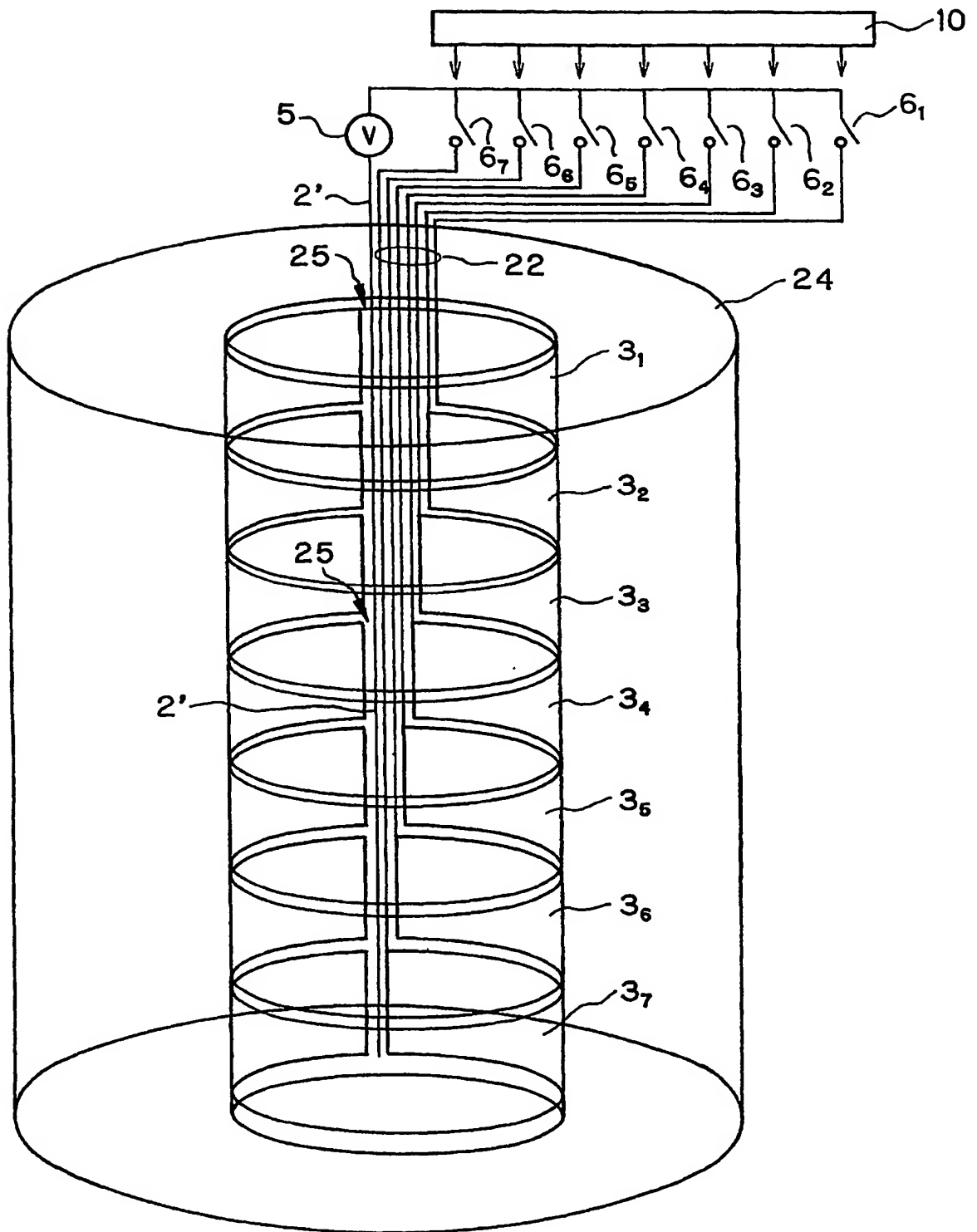
【図 12】



【図 13】



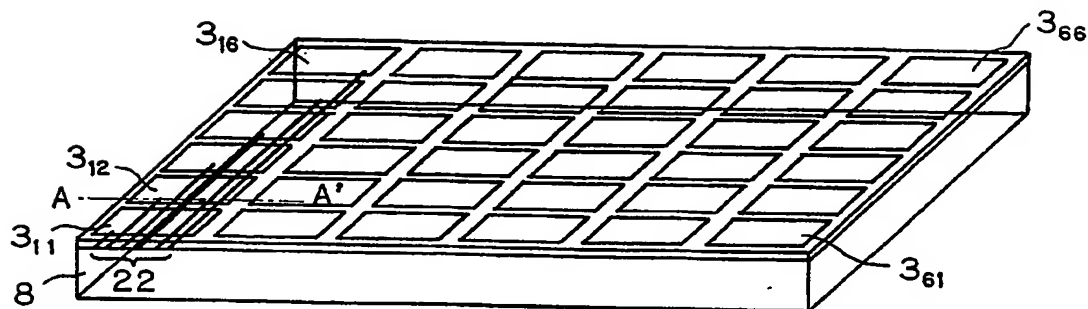
【図 14】



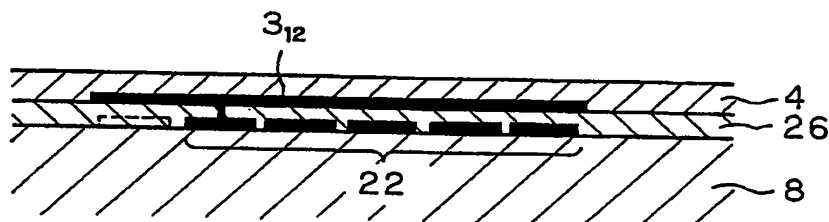
1

【図 17】

(a)

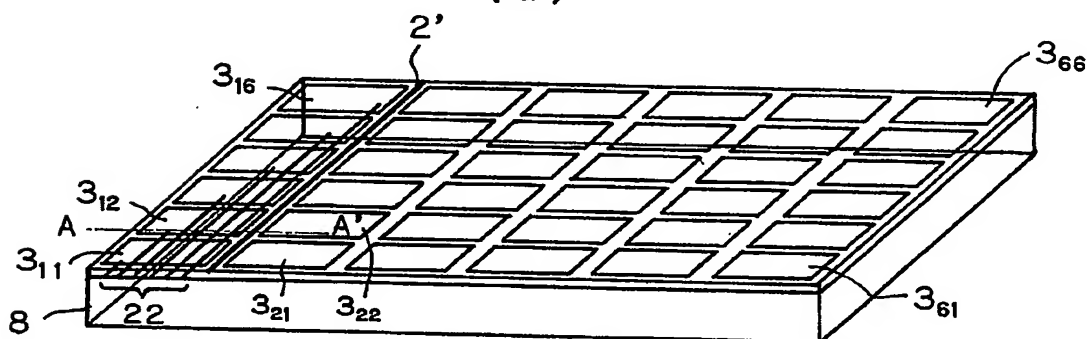


(b)

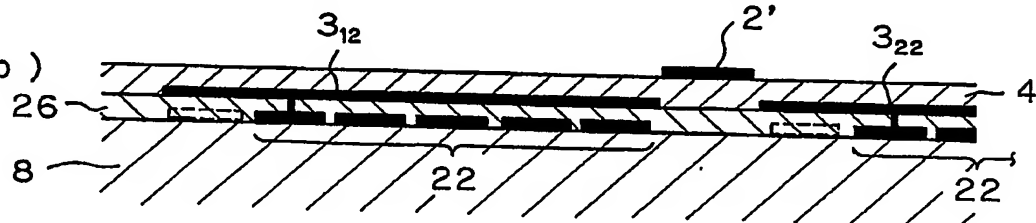


【図 18】

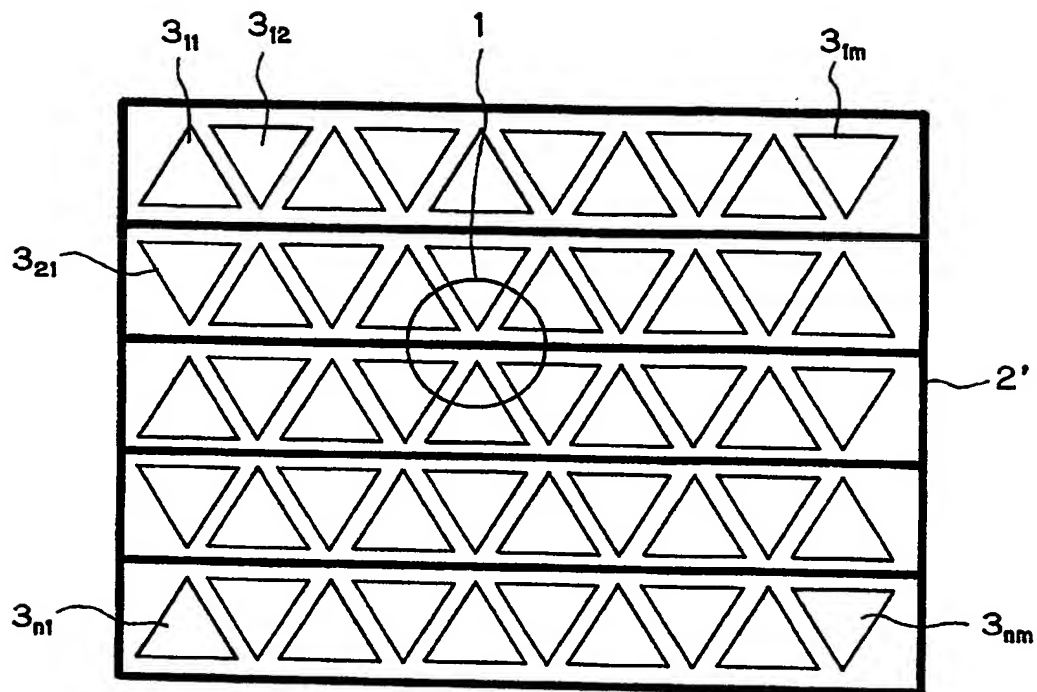
(a)



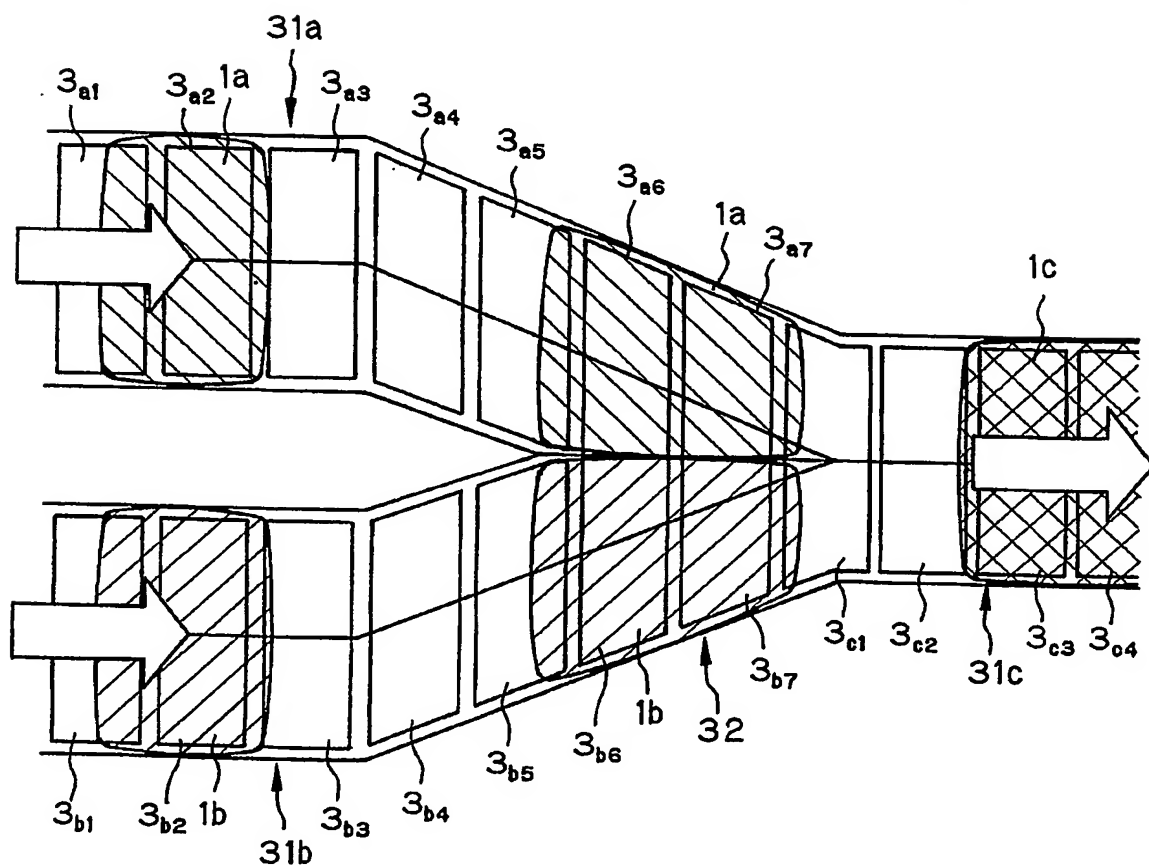
(b)



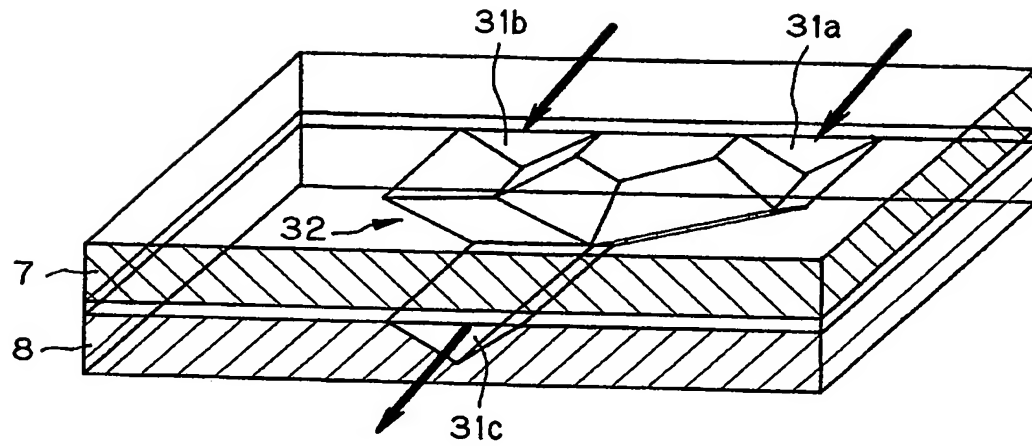
【図 19】



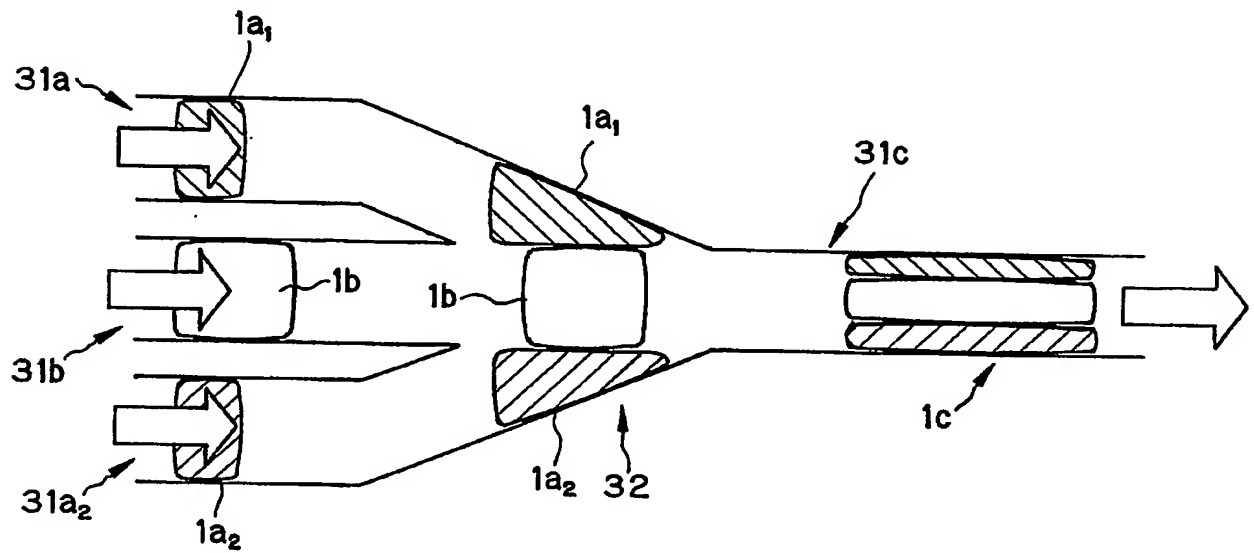
【図 20】



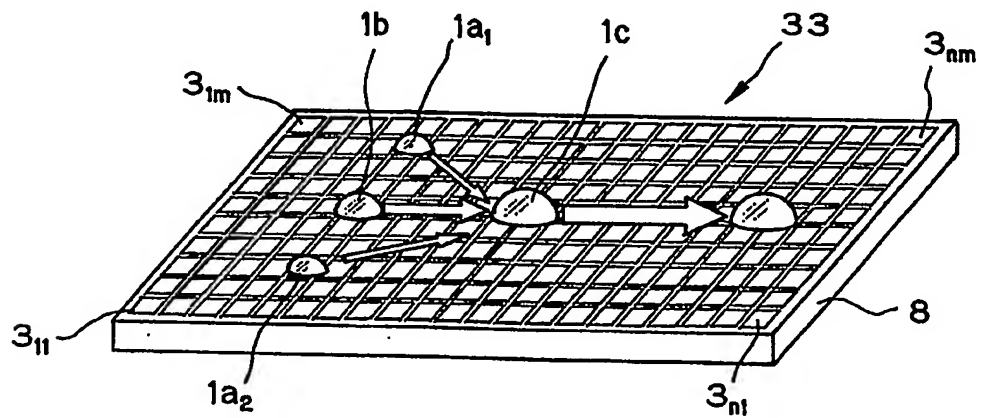
【図 2 1】



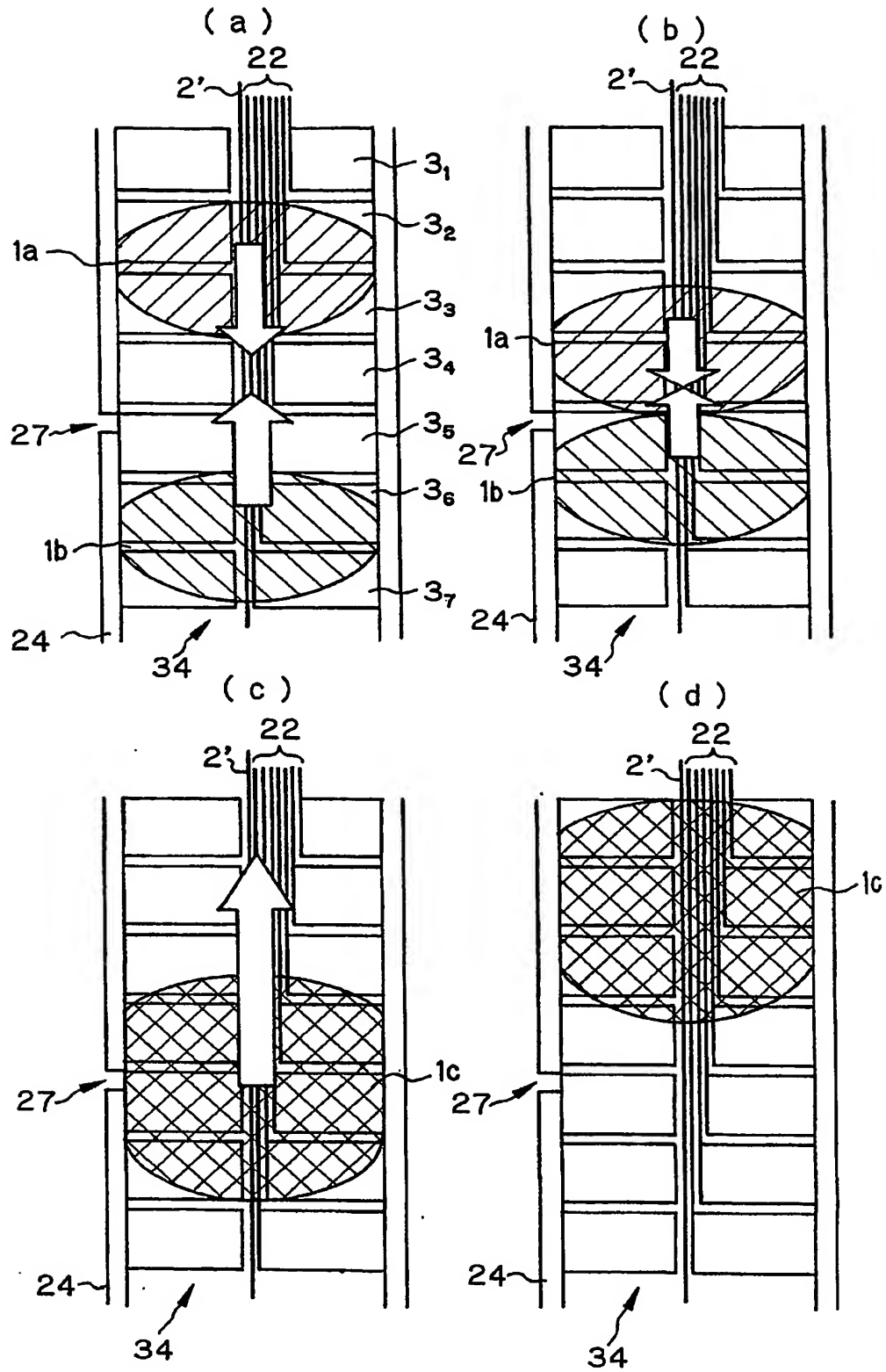
【図 2 2】



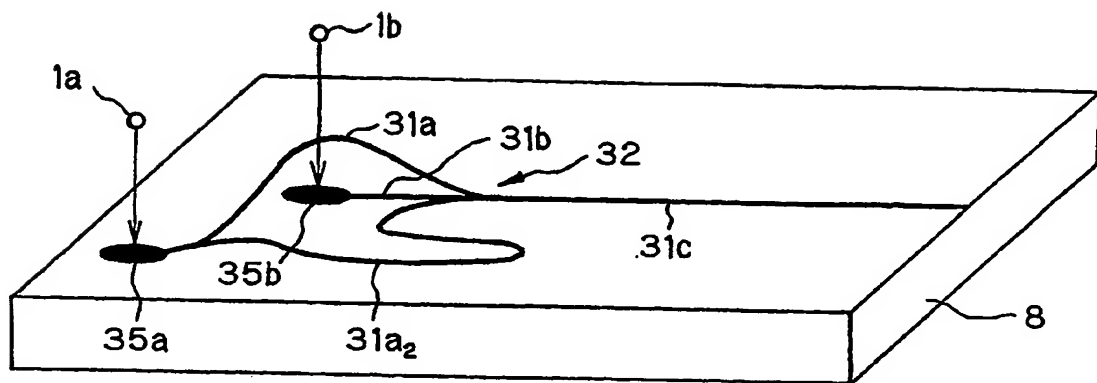
【図 2 3】



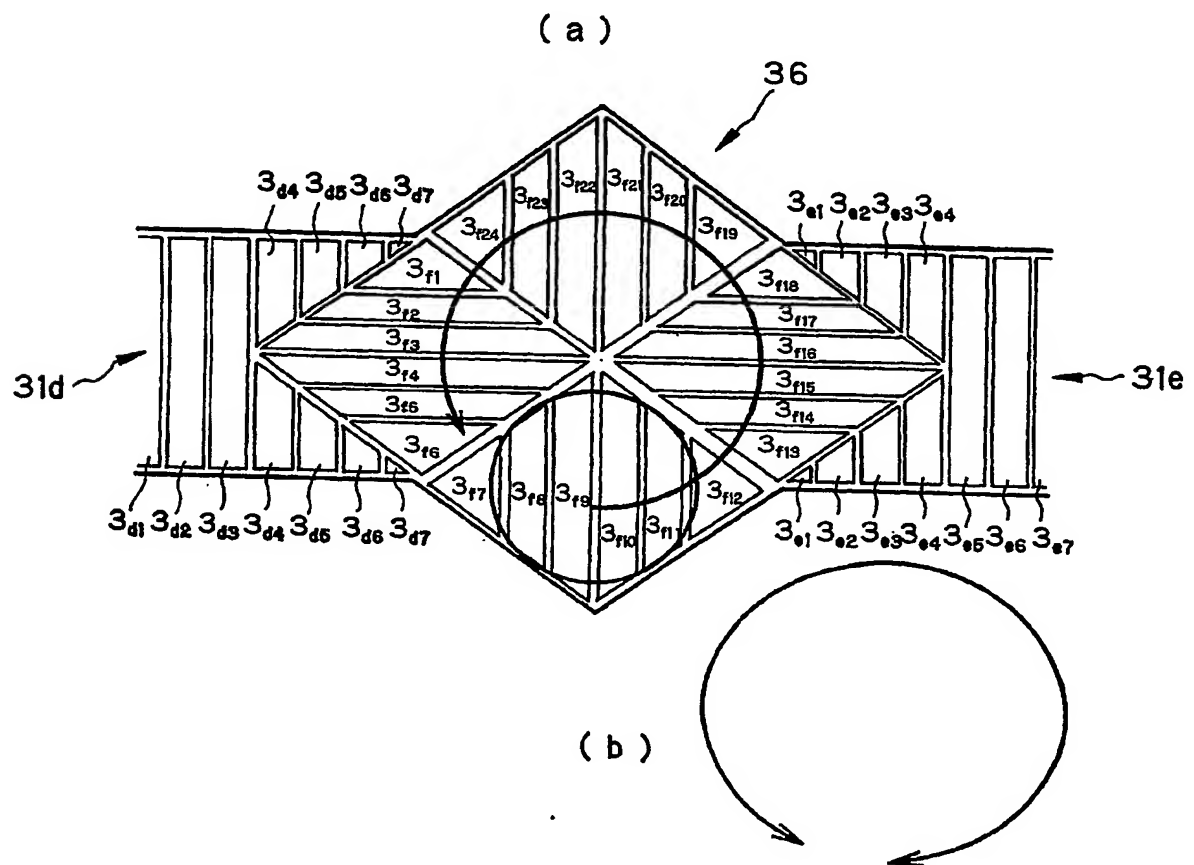
【図 24】



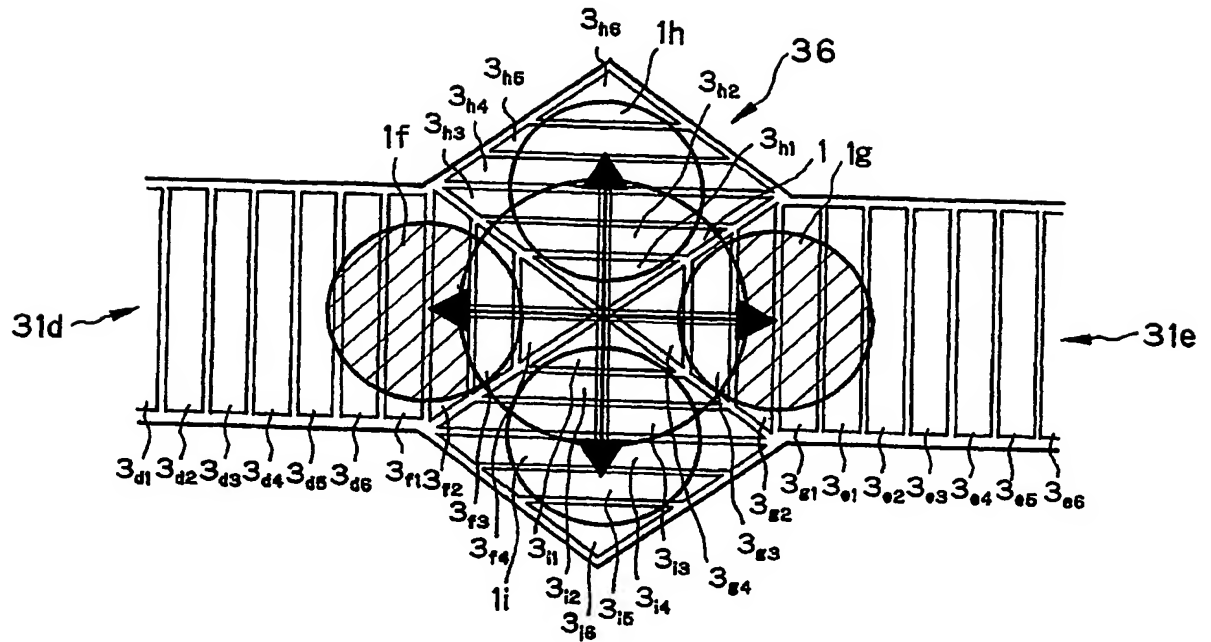
【図 25】



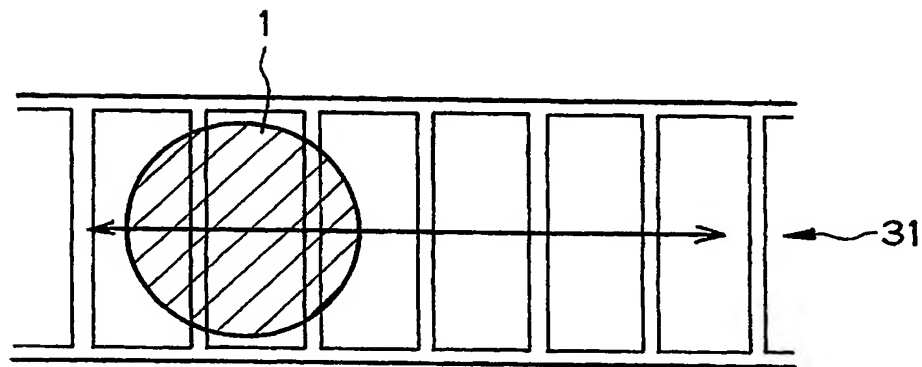
【図 26】



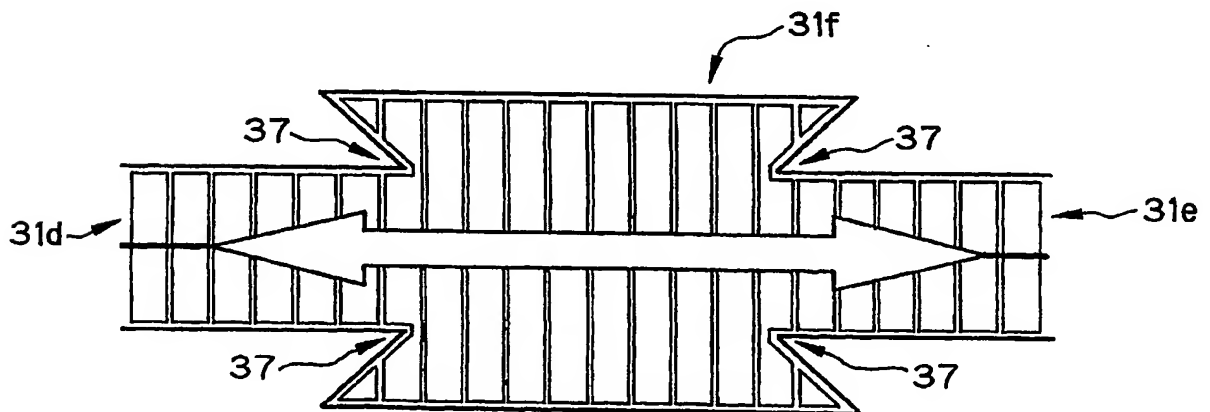
【図 27】



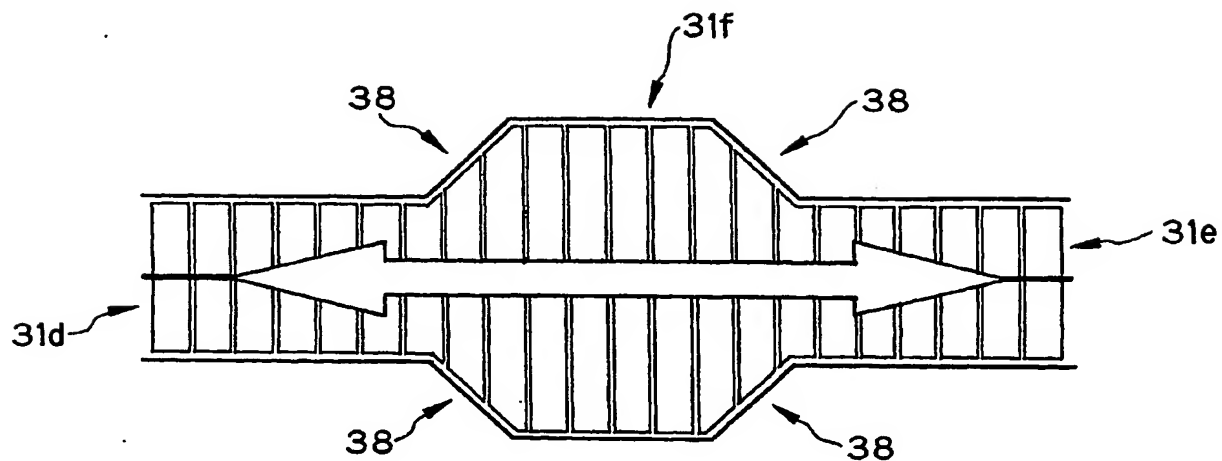
【図 28】



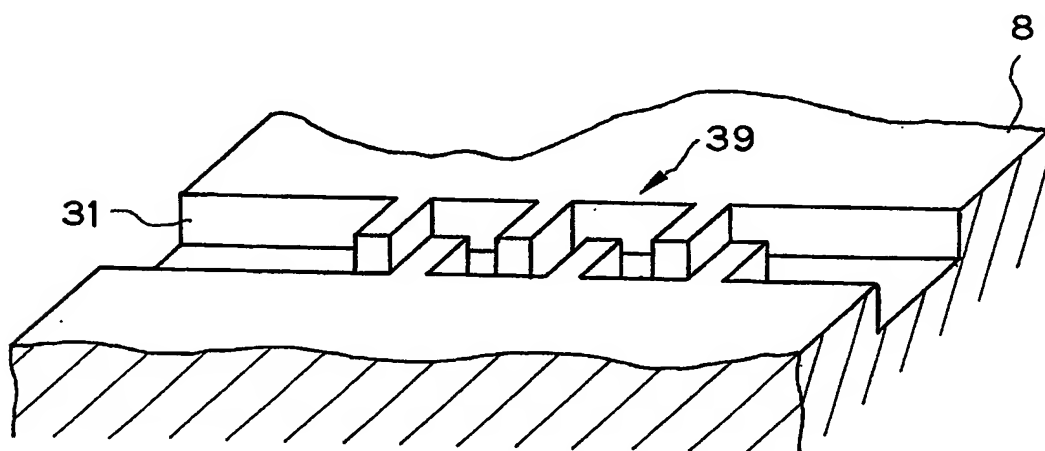
【図 29】



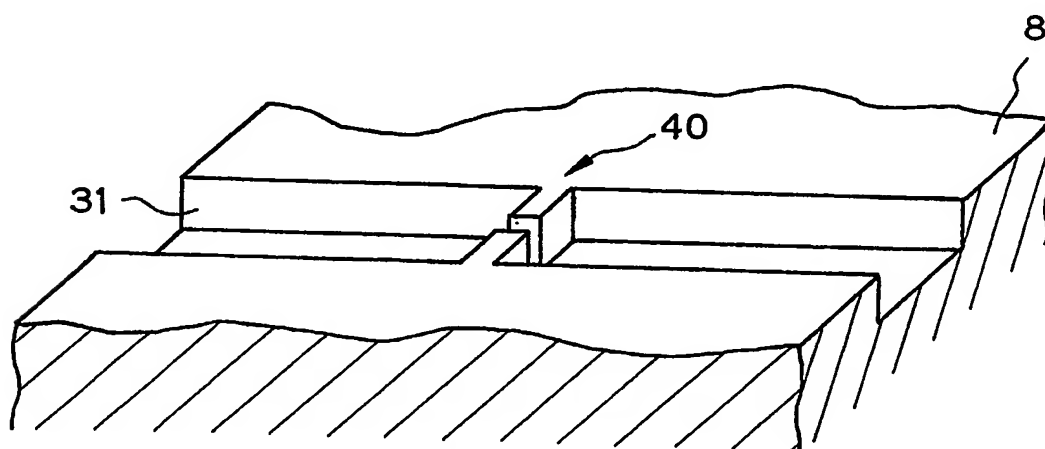
【図 30】



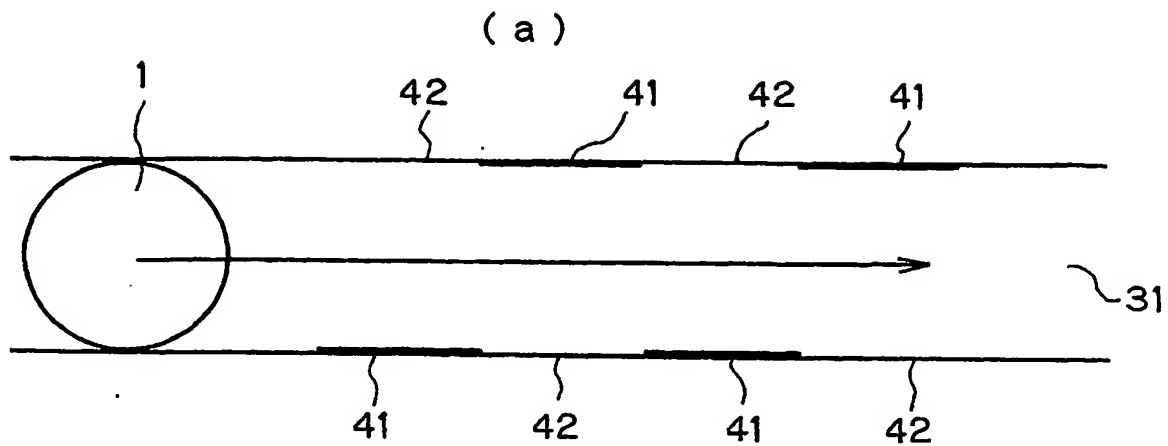
【図 31】



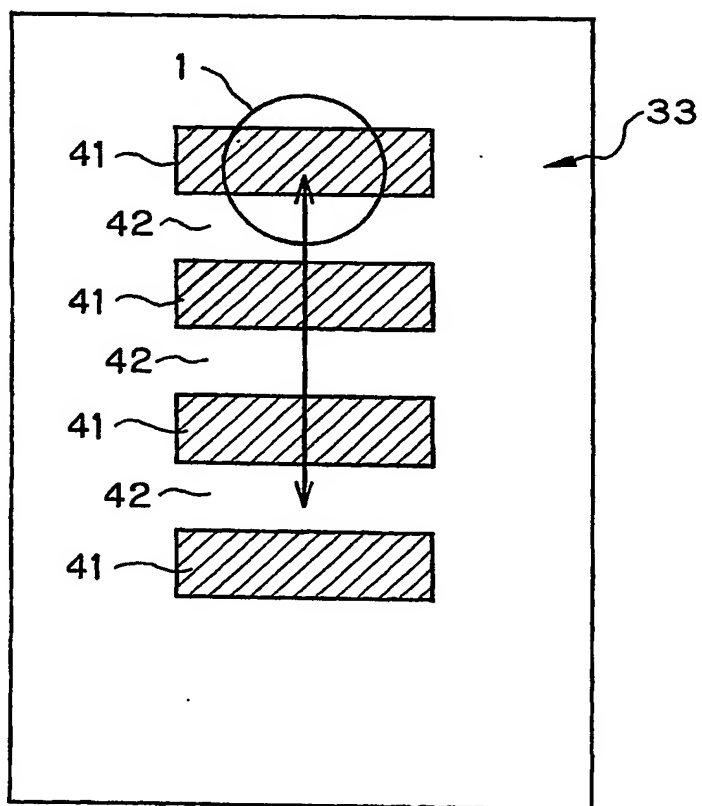
【図 32】



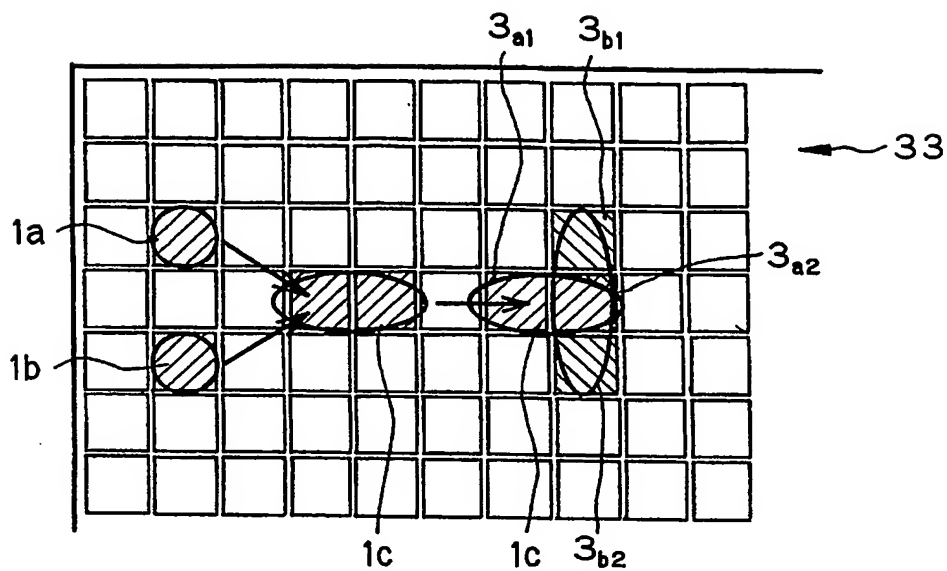
【図 33】



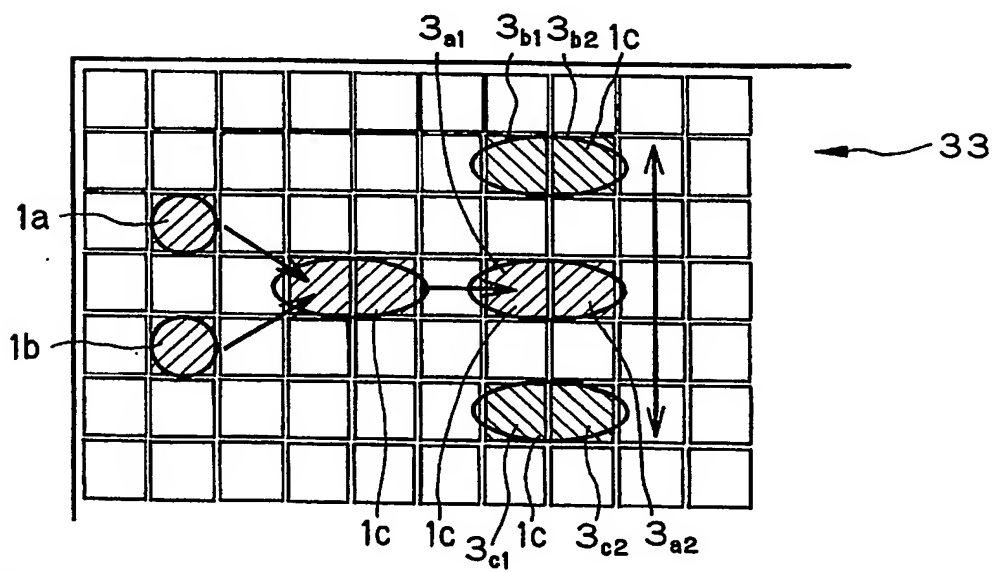
(b)



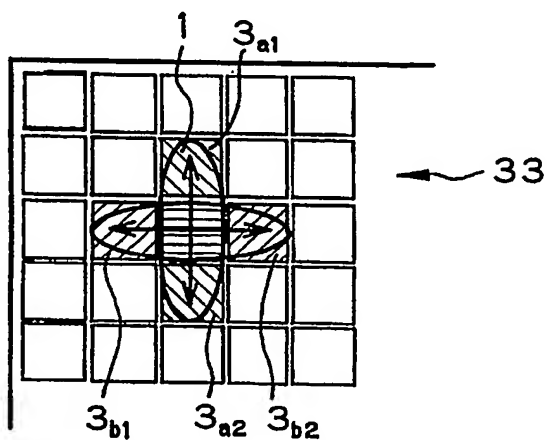
【図 3 4】



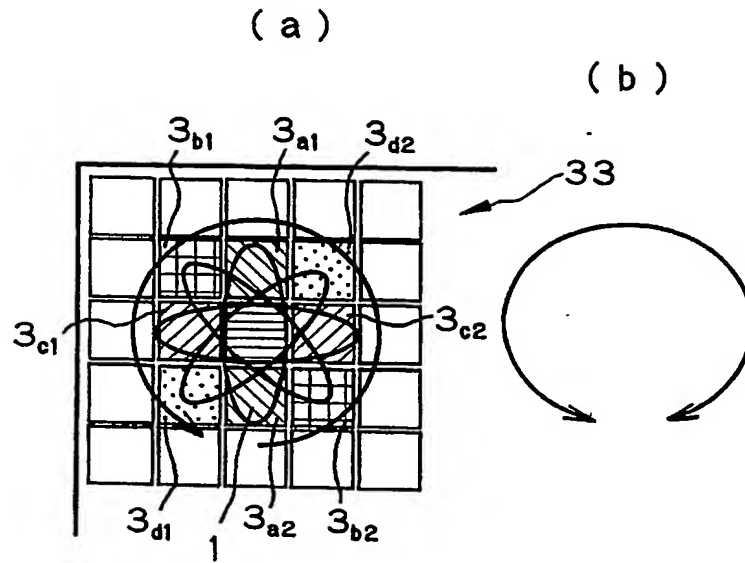
【図 3 5】



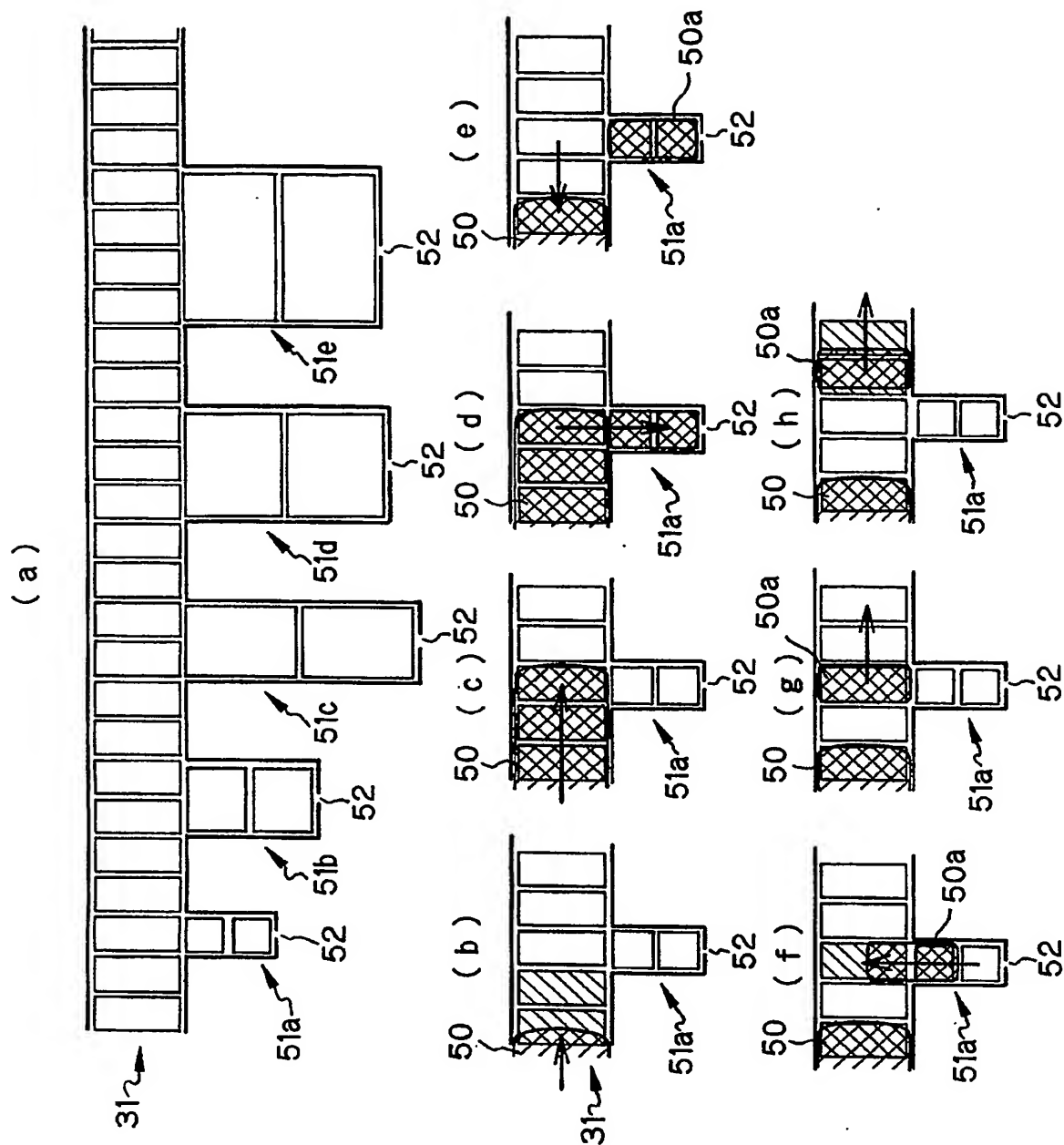
【図 3 6】



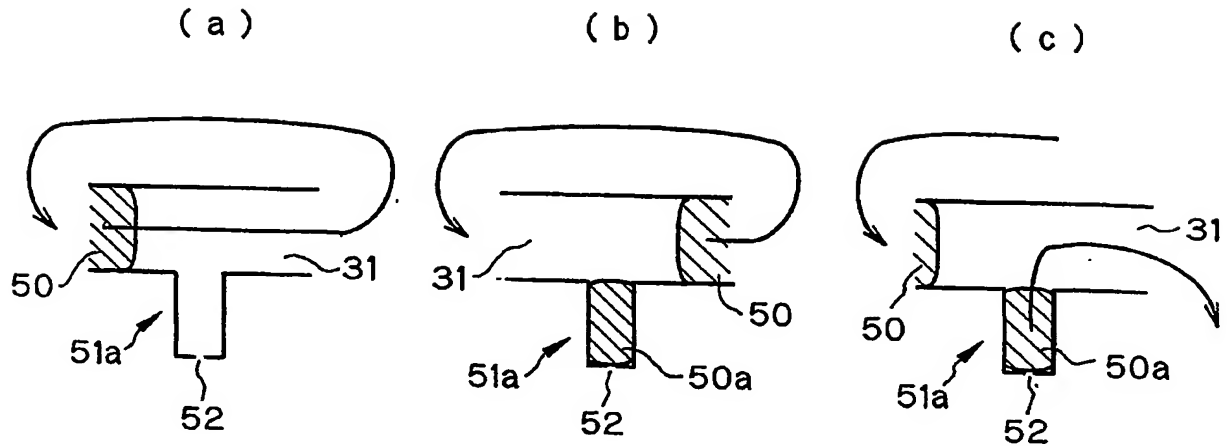
【図 37】



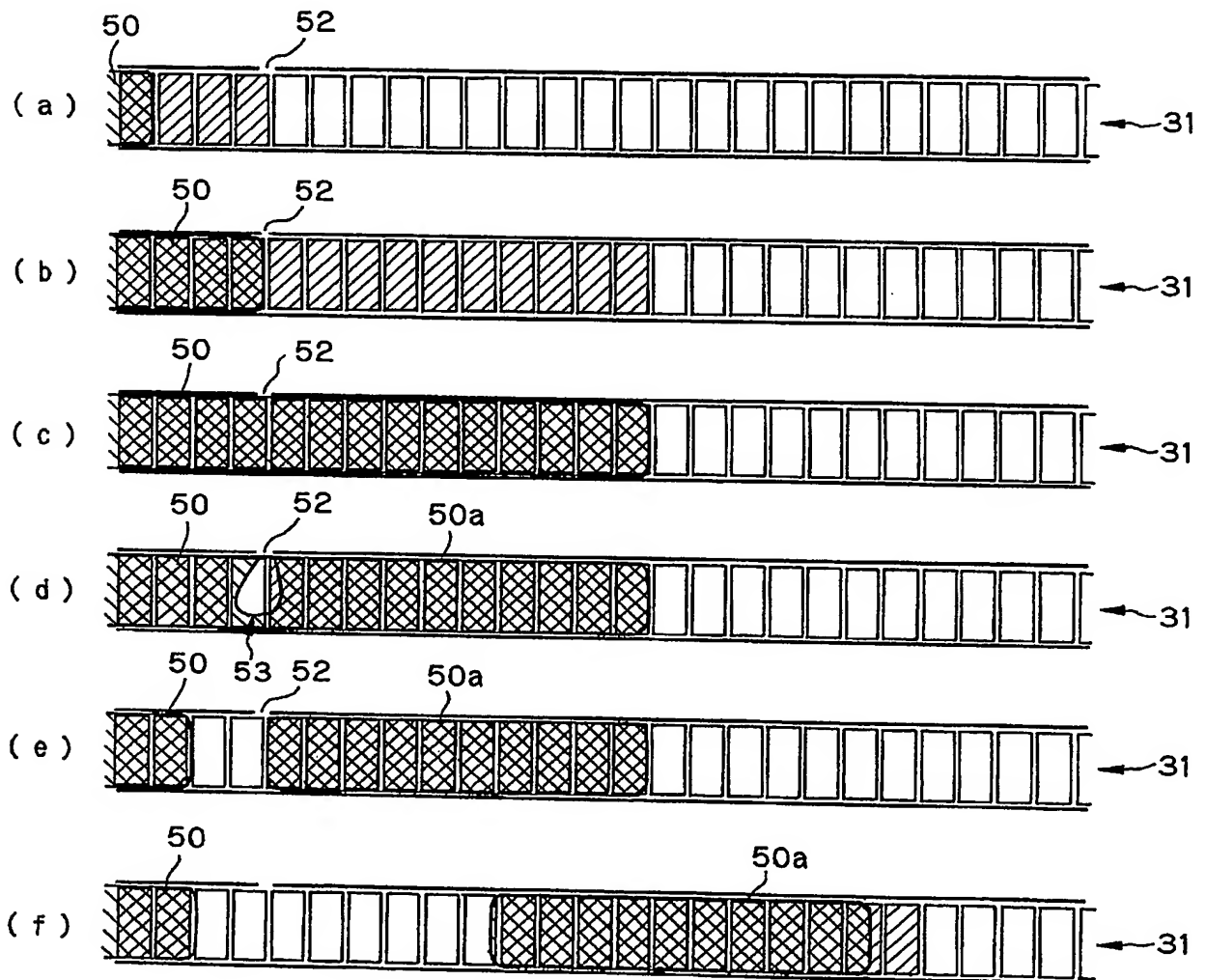
【圖 3 8】



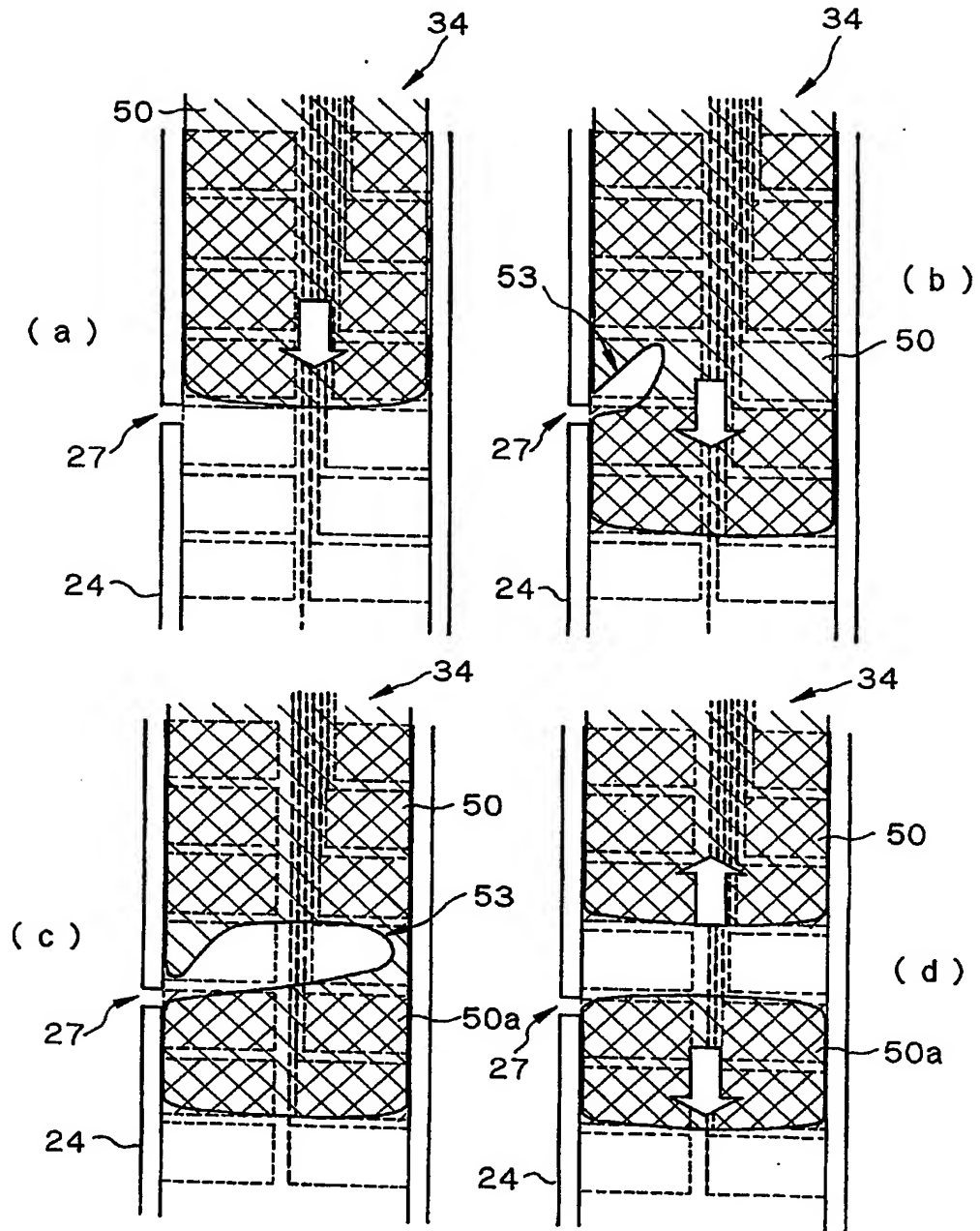
【図 39】



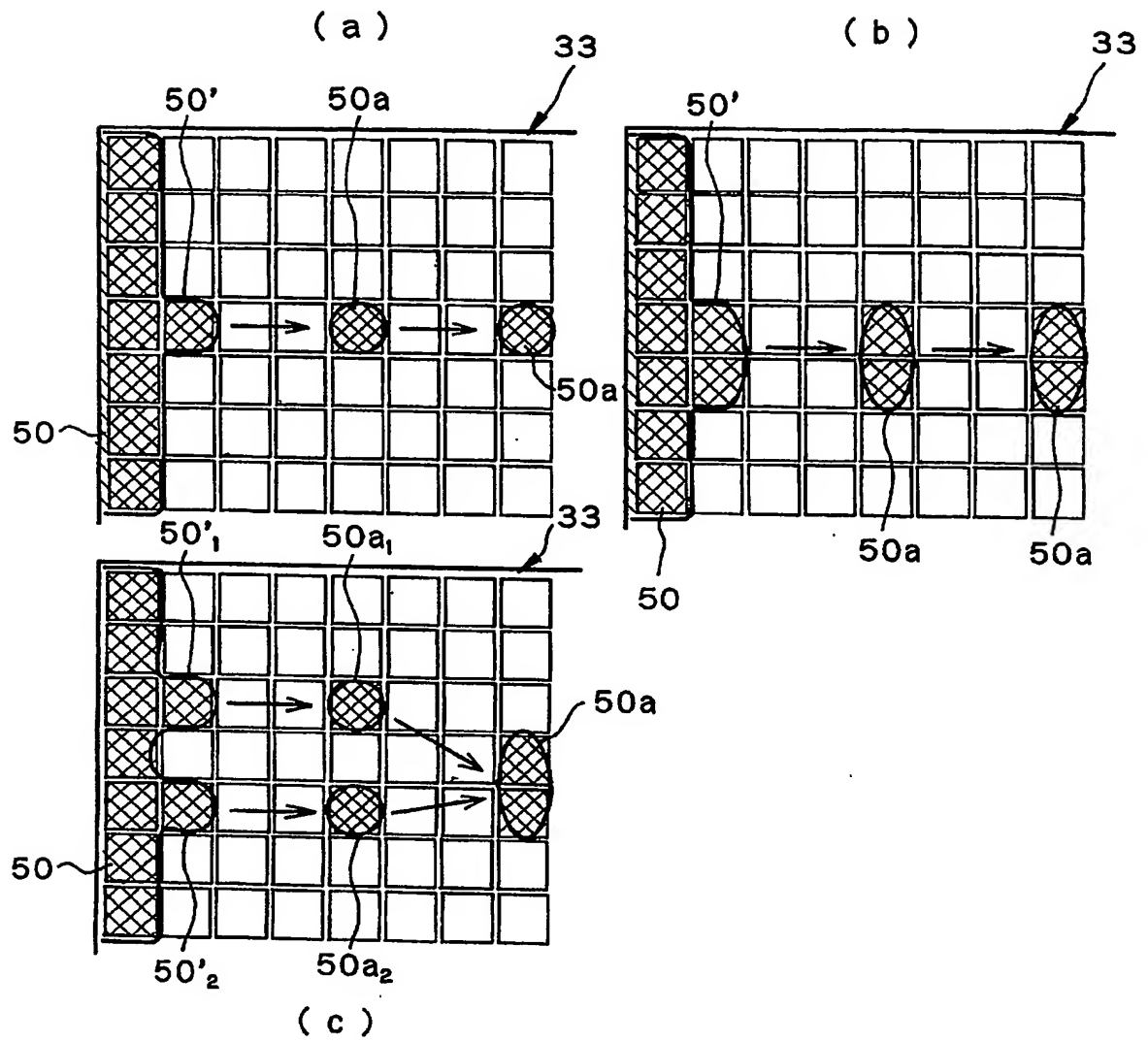
【図 40】



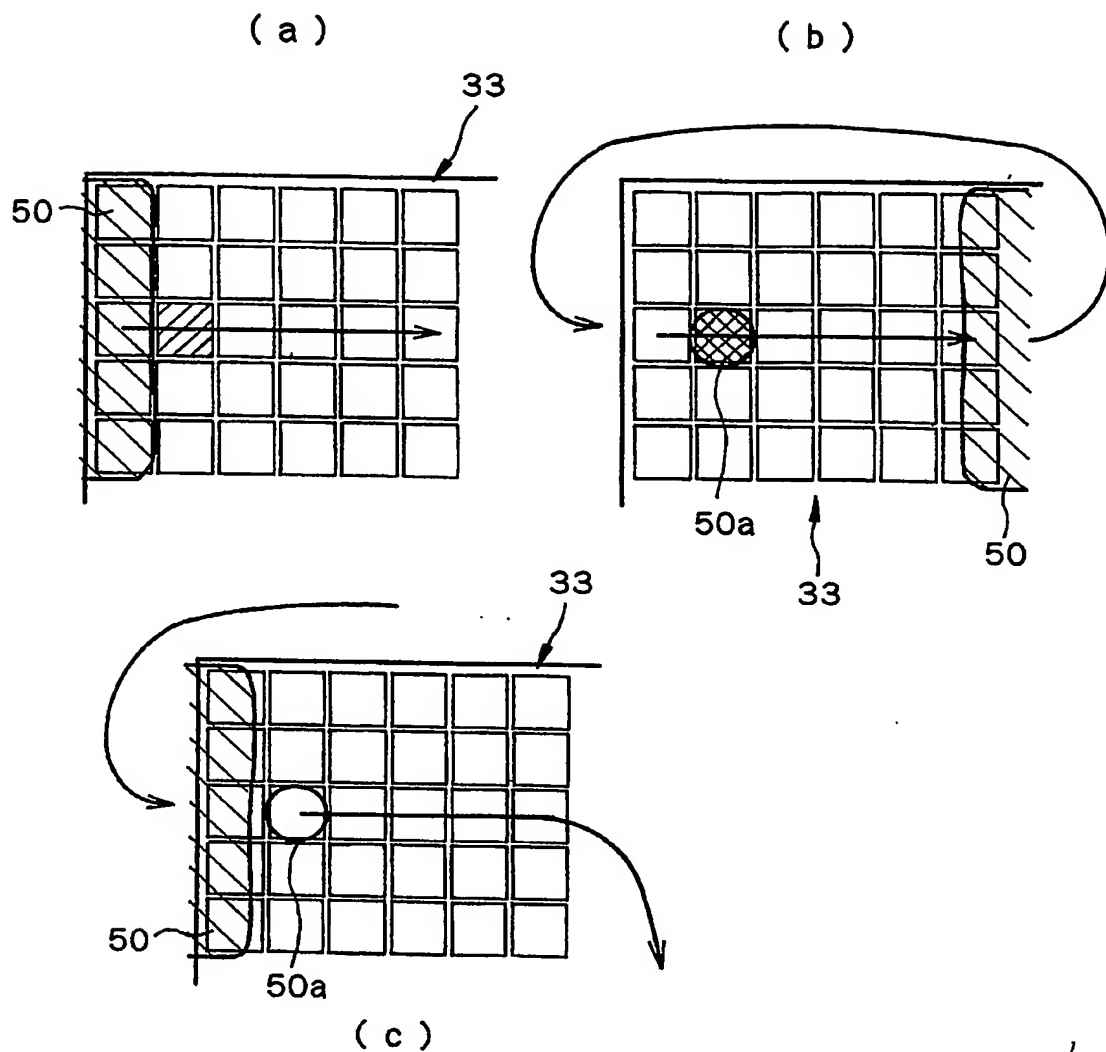
【図 4 1】



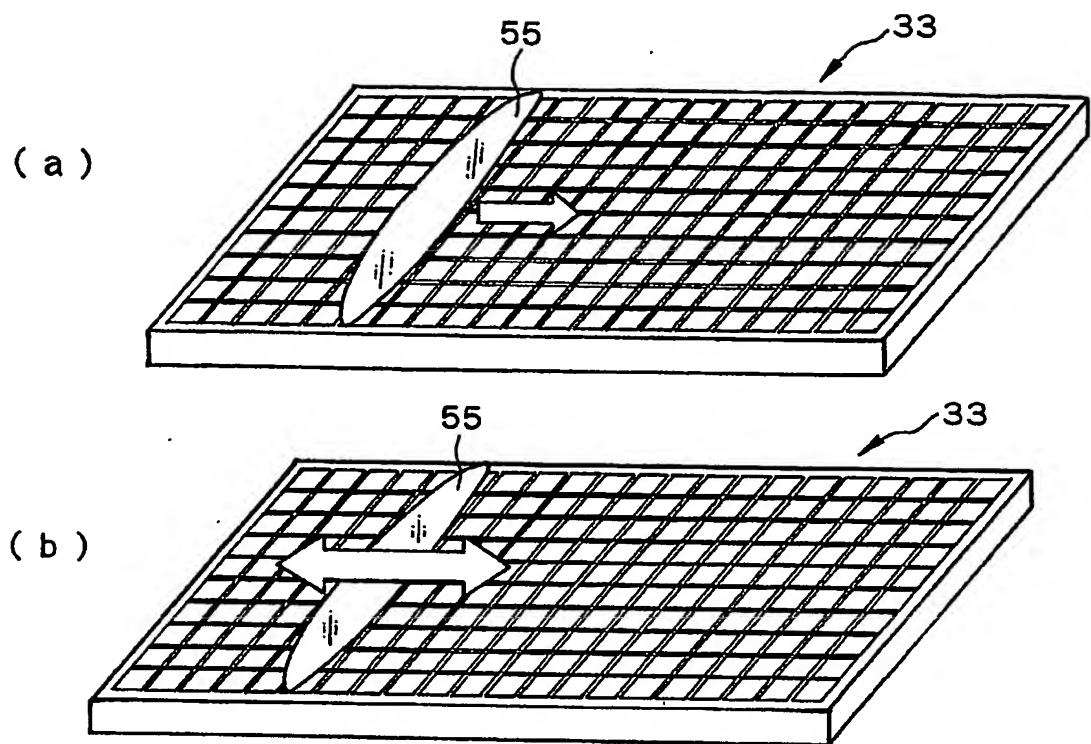
【図 4 2】



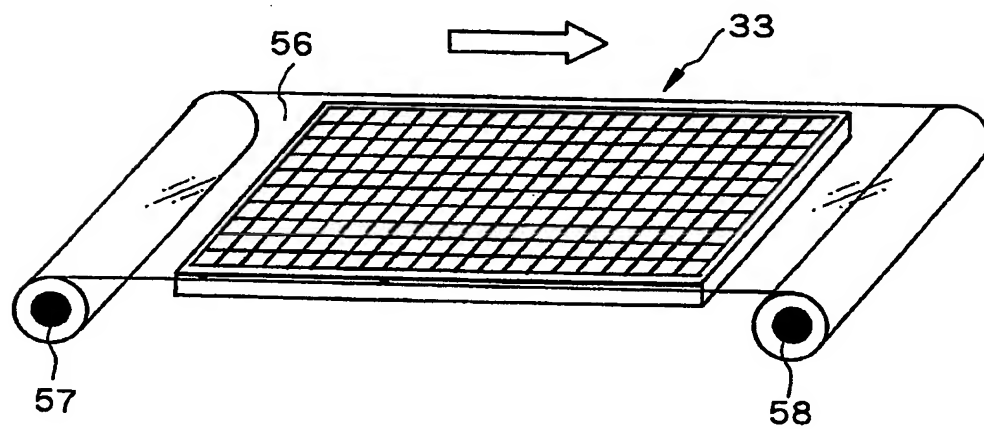
【図 43】



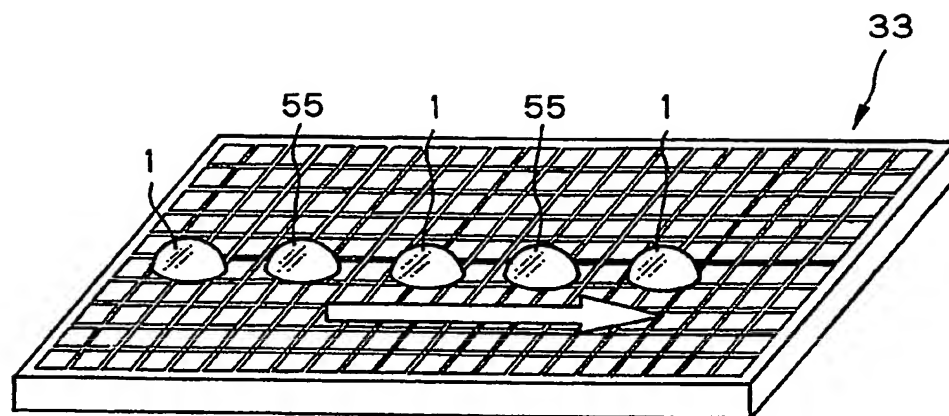
【図 4 4】



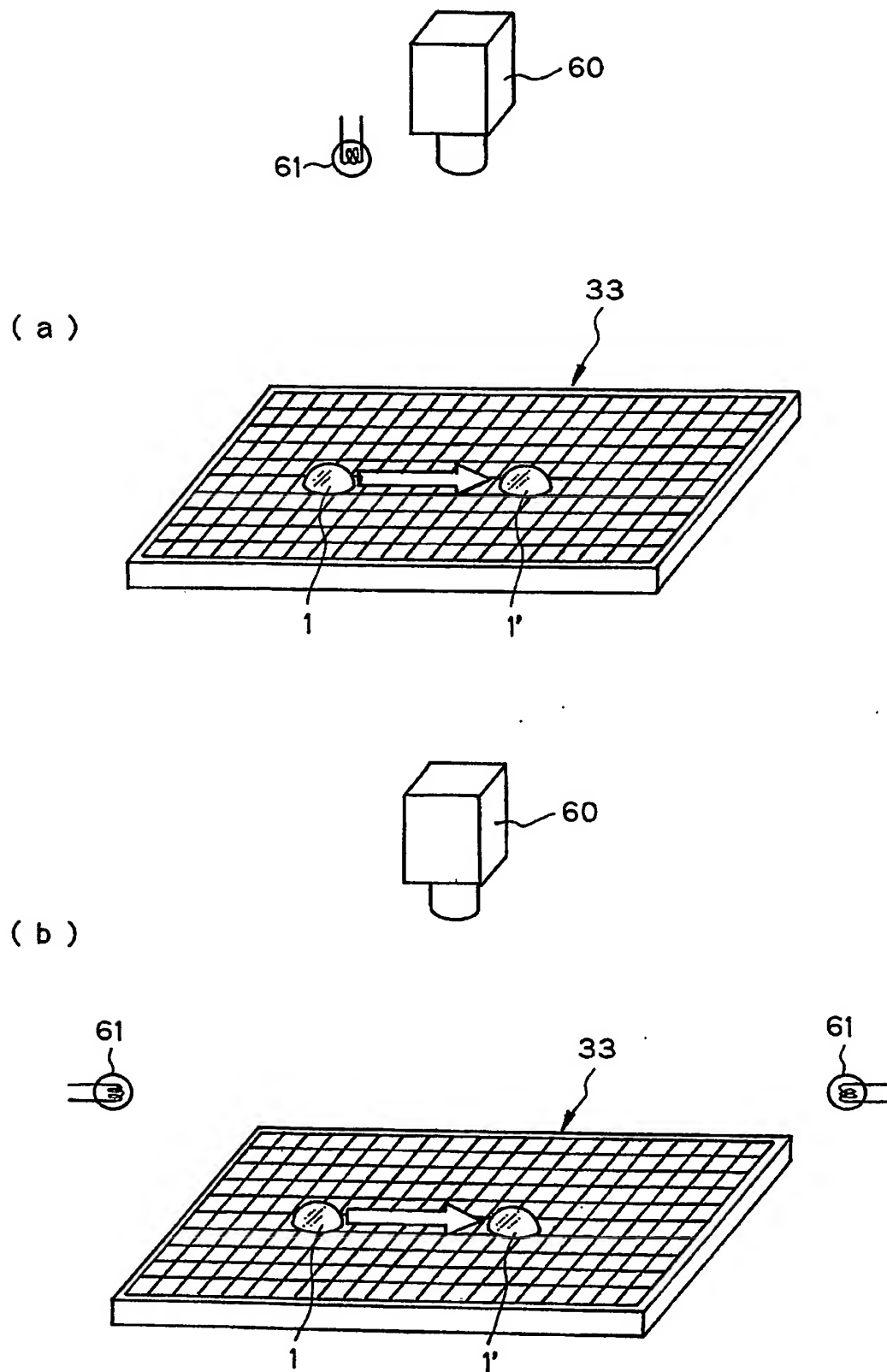
【図 4 5】



【図 46】

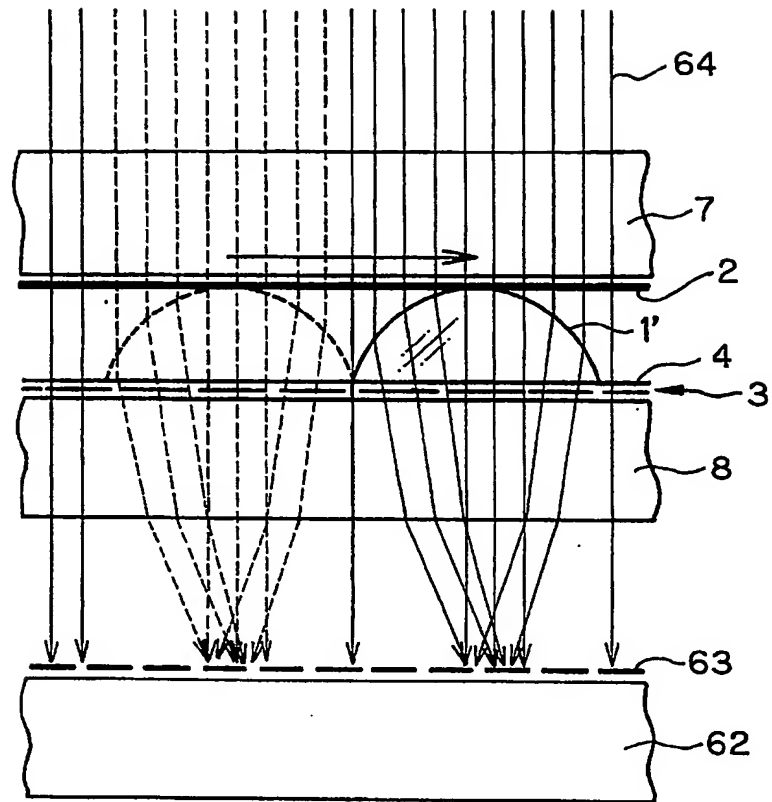


【図 47】

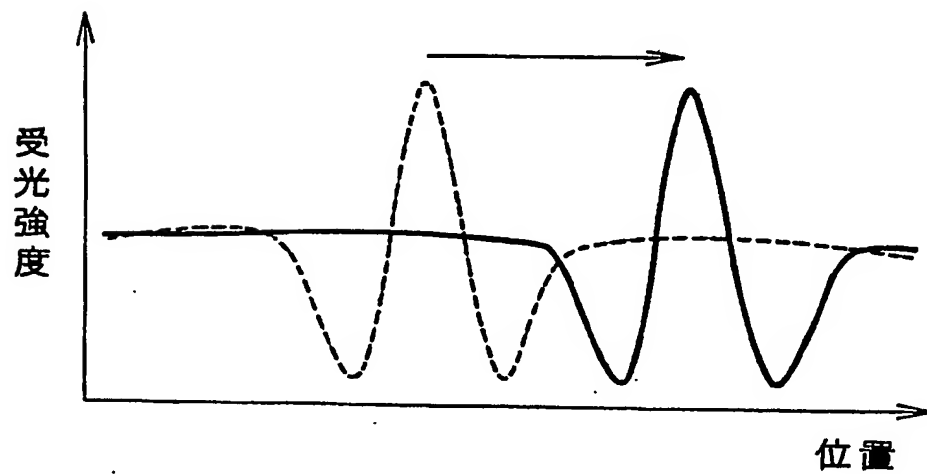


【図 48】

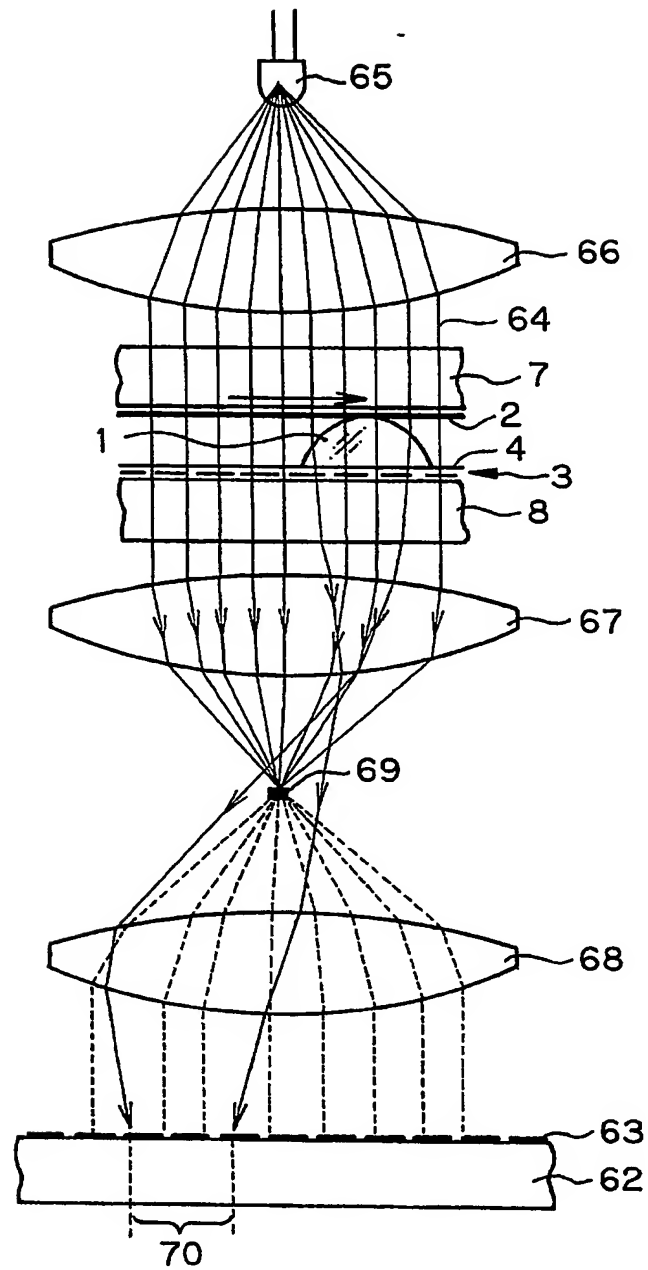
(a)



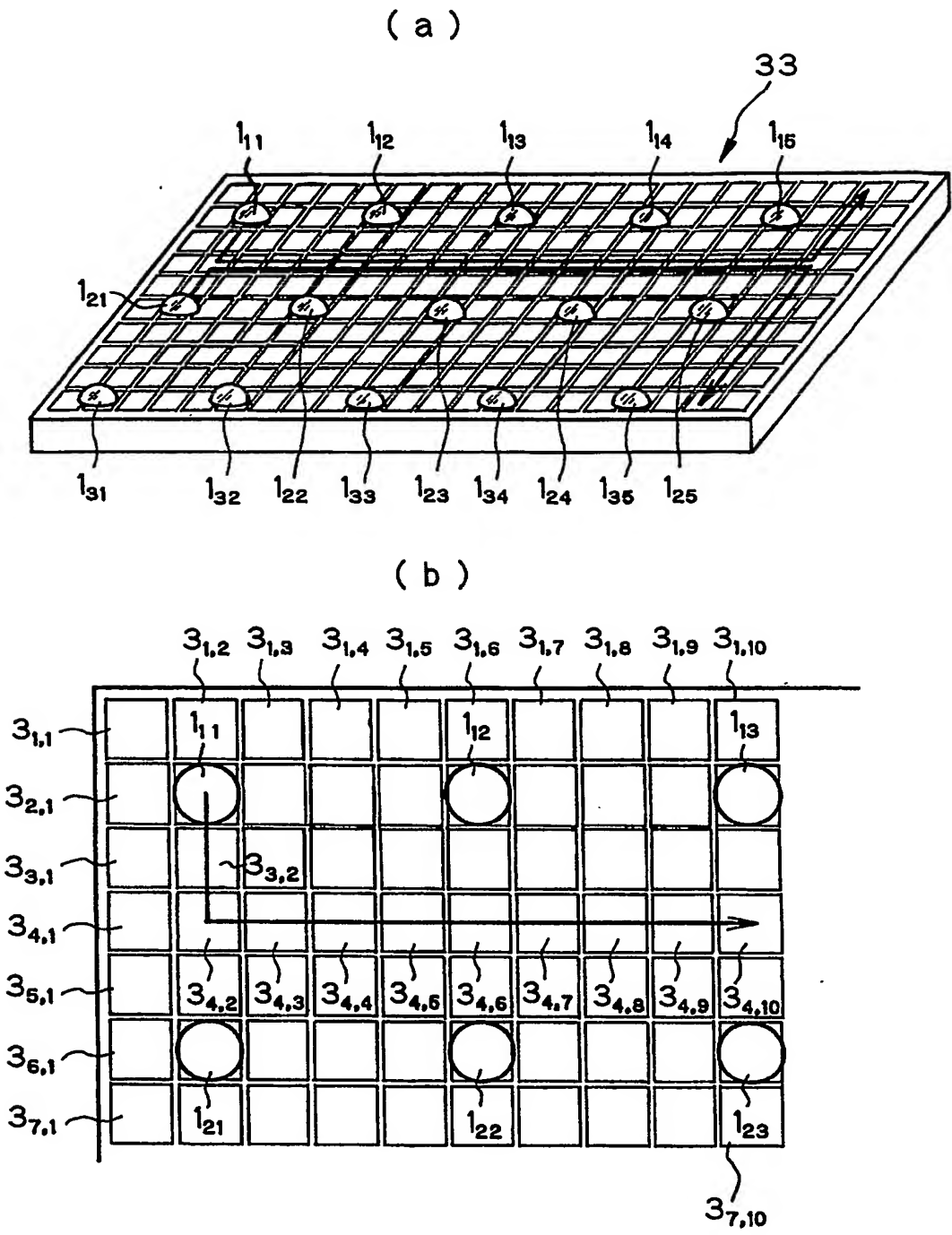
(b)



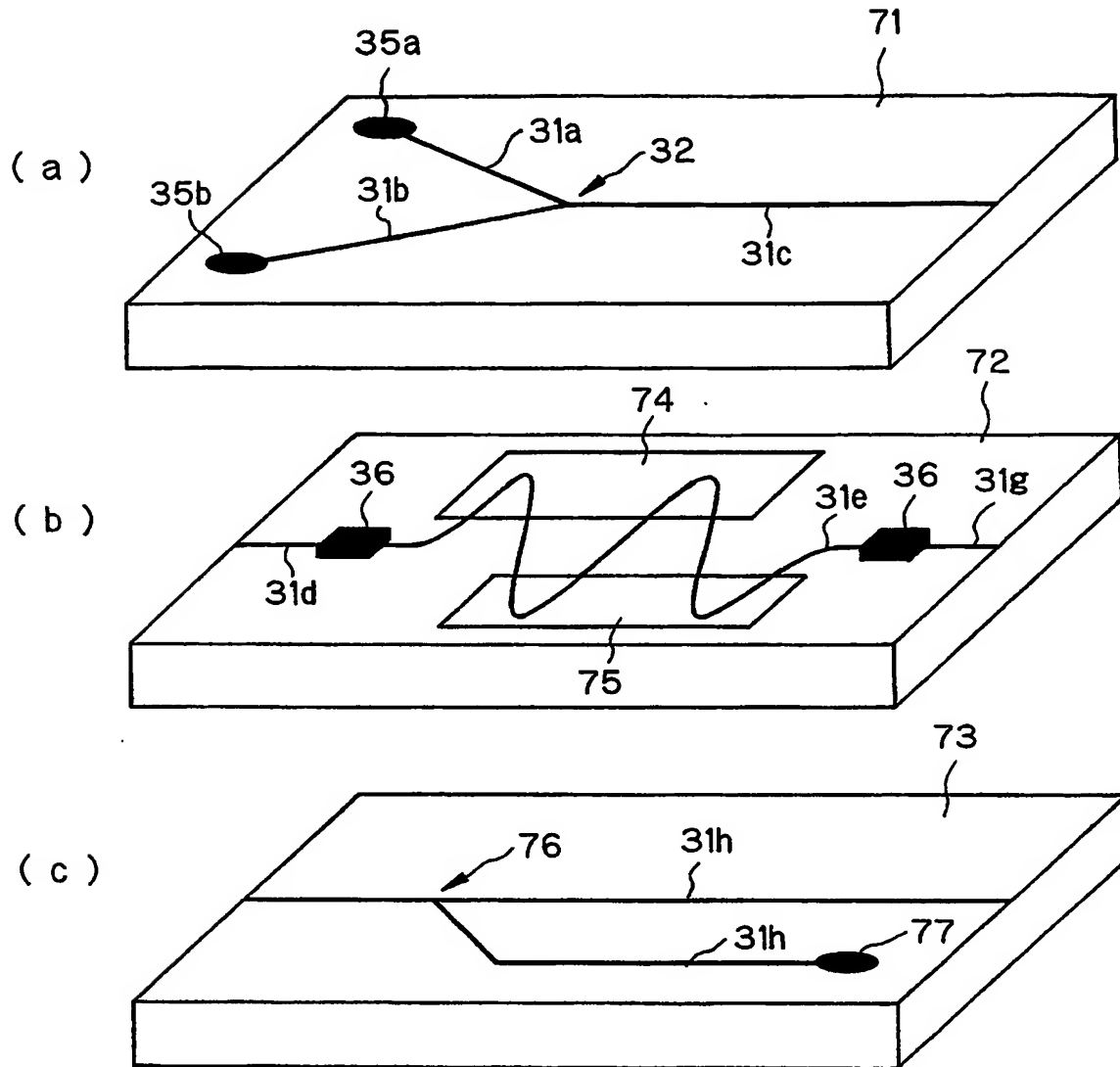
【図 49】



【図 50】

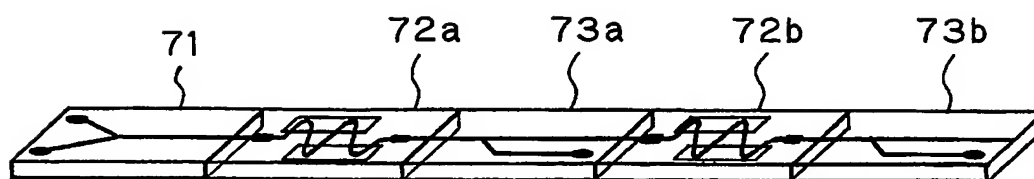


【図 51】

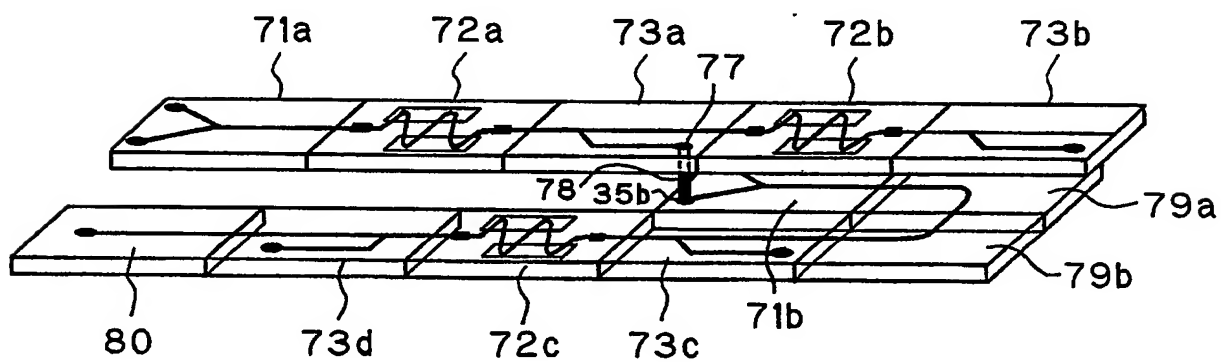


【図 52】

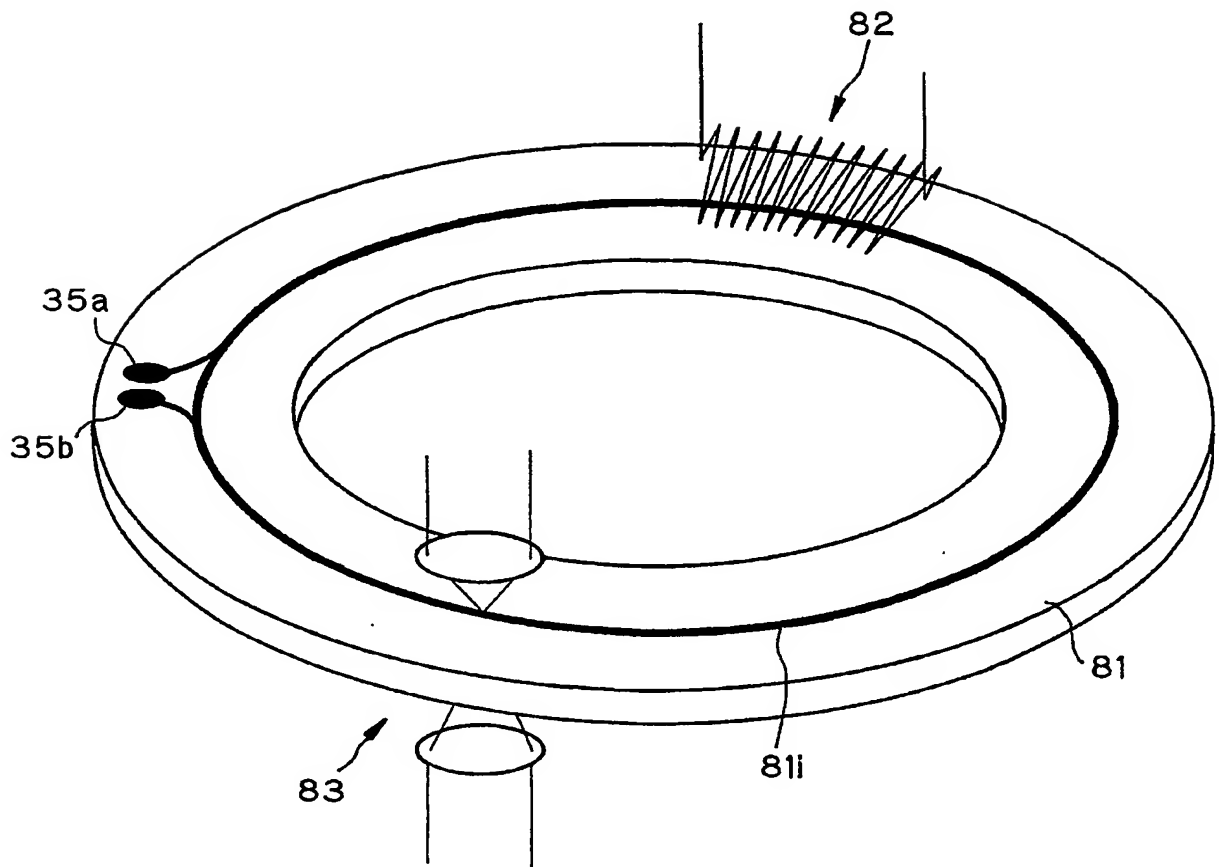
(a)



(b)



【図 53】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送させたり、複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える、液滴の位置や移動をモニターする液体搬送処理方法及び液体搬送処理手段。

【解決手段】 面状の流路であって、2次元配列のセグメント各々に印加する電圧のオン・オフあるいは位相をセグメント毎に制御することにより流路面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路33において、流路面上に複数の液滴111～135を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間のセグメントを通して特定の液滴111を選択的に搬送させて流路外に取り出したり並べ替える液体搬送処理方法において、複数の液滴各々は隣接する液滴との間に少なくとも3つのセグメントが介在するように相互に並列配置される。

【選択図】 図50

特願 2003-272345

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス光学工業株式会社

2. 変更年月日 2003年10月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス株式会社